

Қазақстан Республикасының
экология және биоресурстар
Министрлігінің
гидрометеорология және
табиғи орта мониторингі
жөніндегі агенттік

Агентство
по гидрометеорологии
и мониторингу природной
среды Министерства
экологии и биоресурсов
Республики Казахстан

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

Әр тоқсанда шығарылатын
ғылыми-техникалық журнал

№ 3

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный
научно-технический журнал

АЛМАТЫ
1997



Редакционный совет

Шамен А.М., директор Агентства по гидрометеорологии и мониторингу природной среды Минэкобиоресурсов, директор КазНИИМОСК, канд. экон. наук (председатель); Байтулин И.О., академик НАН РК, доктор биол. наук (зам. председателя); Баишев К.С., вице-министр экологии и биоресурсов РК; Бейсенова А.С., декан геогр. факультета АГУ, чл.-корр. НАН РК, доктор геогр. наук; Болдырев В.М., декан геогр. факультета КазГУ, канд. геогр. наук; Госсен Э.Ф., академик НАН РК, доктор с.-х. наук; Рябцев А.Д., зам. председателя Комитета по водным ресурсам Минсельхоза; Северский И.В., директор Института географии МН-АН НАН, чл.-корр. НАН РК, доктор геогр. наук; Чередниченко В.С., профессор КазГУ, академик АН Высшей школы, доктор геогр. наук; Чигаркин А.В., зав. кафедрой КазГУ, доктор геогр. наук.

Редакционная коллегия

Чичасов Г.Н., зам. директора КазНИИМОСК, доктор геогр. наук (председатель); Кожсахметов П.Ж., начальник Бюро погоды, канд. техн. наук (зам. председателя); Семенов О.Е., канд. физ.-мат. наук (ответственный секретарь); Балакина В.П., начальник Цеха полиграфии ОСЦ Казгидромета; Бельгибаев М.Е., доктор геогр. наук; Голубцов В.В., канд. геогр. наук; Степанов Б.С., канд. техн. наук.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

№ 3

©

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

Подписано к печати 10.10.97 г. Формат бумаги 70 x 100 1/16.

Объем 15,9 п.л. Заказ 61. Тираж 500

Цена договорная

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



СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

А.М. Шамен

О целях и задачах подготовки и выполнения
в Казахстане Национального плана действий по
Рамочной Конвенции ООН об изменении кли-
мата 12

**А.И. Бедрицкий,
В.Х. Бердин, А.В. Карпов**

Перспективы осуществления целей Рамочной
Конвенции ООН об изменении климата в Рос-
сийской Федерации - Федеральная целевая про-
грамма "Предотвращение опасных изменений
климата и их отрицательных последствий" 18

Г.Н. Чичасов, А.М. Шамен

Долгопериодные изменения климата и их по-
следствия для зернового хозяйства Казахстана . . . 29

**С.А. Долгих,
И.Б. Есеркепова, А.М. Шамен**

Оценка вклада ожидаемого потепления гло-
бального климата в развитие процессов опу-
стынивания в Казахстане 43

**Э.Ф. Госсен,
С.В. Мизина, Joel B. Smith**

Некоторые аспекты стратегии развития зерно-
вого хозяйства Казахстана с учетом возможного
изменения климата 50

**С.В. Мизина,
И.Б. Есеркепова, В.Р. Сутюшев**

Оценка уязвимости урожайности пшеницы в
Северном Казахстане при возможных измене-
ниях климата 64

Л.А. Воронина

Влияние изменения климата на урожайность
озимой пшеницы в Казахстане 73

<p>Л.В. Лебедь, З.С. Беленкова, Т.П. Турбачева О влиянии изменений климата на пастбища Казахстана</p>	79
<p>И.И. Скоцеляс, В.В. Голубцов, В.И. Ли Использование, уязвимость и возможные пути адаптации ресурсов поверхностных вод бассейна Ишима в условиях антропогенных измене- ний климата</p>	91
<p>Д.Ю. Данчук Об итогах инвентаризации эмиссии парнико- вых газов с территории Республики Казахстан в 1990 году</p>	103
<p>О.Е. Семенов К вопросу о стоке CO_2 в поверхностные водные резервуары Казахстана</p>	115
<p>Т.К. Темертеков, О.В. Пилифосова, Е.Ю.Смирнова, Д.Ю. Данчук Анализ вариантов ограничения эмиссий парни- ковых газов в энергетическом секторе Казахста- на</p>	118
<p>Г.А. Папафанасопуло Стратегия развития электроэнергетики Ка- захстана и приоритетные направления по огра- ничению эмиссии парниковых газов</p>	127
<p>С.В. Мизина, О.В. Пилифосова, Э.Ф. Госсен Оценка потенциала сокращения эмиссий пар- никовых газов в неэнергетическом секторе Ка- захстана</p>	135
<p>Ю.М. Попов Об оценке потенциала накопления углерода в почвах Казахстана в условиях перехода на эко- логические системы земледелия</p>	145

Anthoni DiNicola

Steps in preparing forestry and biodiversity sections
of climate change action plans
Development and evaluation of forestry and
biodiversity mitigation measures 150

Е.Н. Вилесов, В.Н. Уваров

Колебания горных ледников как индикатор
изменения климата 165

П.А. Черкасов

Роль мониторинга горных ледниковых систем в
оценке экологического и природно-ресурсного
потенциала Казахстана 176

В.П. Благовещенский, Н.В. Пиманкина

Колебания снежности в горных районах Юго-
Восточного Казахстана 187

С.С. Марченко

О прогнозе термического состояния мерзлых
пород Заилийского Алатау в связи с изменением
климата 198

Р.К. Яфязова

Влияние климата на селеформирующие факто-
ры 209

А.П. Горбунов, С.С. Марченко,

Э.В. Северский, С.Н. Титков

Изменение геокриологических условий в Се-
верном Тянь-Шане в связи с глобальным по-
теплением климата 217

О.Е. Семенов

Модель плоскостных источников аэрозоля и
оценка генерации его массы конвективными
движениями 223

С.П. Шиварева, М.А. Мурадов,

Н.И. Ивкина, Т.П. Строева,

Н.Н. Щеголева, Е.И. Васенина

Влияние атмосферных процессов на стонно-
нагонные явления у казахстанского побережья
Каспийского моря 228

Г.С. Ахметова	
О роли турбулентной передачи тепла и влаги к поверхности горных ледников при современном сокращении их площади	237
А.В. Белый	
Реальности и последствия изменения континентальности климата юго-востока Казахстана .	241
ИТОГОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ	250

CONTENTS

SCIENTIFIC ARTICLES

A.M. Shamen

To the purposes and tasks of preparation and fulfillment in Kazakstan the National action plan on the Framework UN Convention on Climate Change 12

**A.I. Bedritskiy,
V.H. Berdin, A.V. Karpov**

Goal implementation perspectives of the Framework UN Convention on Climate Change in Russian Federation - Federal objective program "Prevention of dangerous climate changes and their negative consequences" 18

G.N. Chichasov, A.M. Shamen

Long-period climate changes and their consequences for grain Kazakstan economy 29

**S.A. Dolgih,
I.B. Eserkepova, A.M. Shamen**

Assessment of global climate expected warming contribution to desertification process development in Kazakstan 43

**E.F. Gossen,
S.V. Mizina, Joel B. Smith**

Some aspects of grain economy development strategy in Kazakstan in consideration of possible climate change 50

**S.V. Mizina,
I.B. Eserkepova, V.R. Sutyushev**

Assessment of wheat productivity vulnerability in the Northern Kazakstan under possible climate changes 64

L.A. Voronina

Climate change impact on winter wheat productivity in Kazakstan 73

**L.V. Lebed
Z.S. Belenkova, T.P. Turbacheva**

About impact of possible climate changes on the Kazakstan pastures 79

I.I. Skotselyas, V.V. Golubtsov, V.I.Li	
Utilization, vulnerability and possible adaptation ways of the Ishim basin surface waters resources under conditions of anthropogenic climate changes	91
D.Yu. Danchuk	
To the results of Greenhouse Gas emission inventory from the Kazakstan territory in 1990	103
O.E. Semenov	
About the problem of CO ₂ sink into the surface water Kazakstan reservoirs	115
T.K. Temertekov, O.V. Pilifosova, E.Yu. Smirnova, D.Yu. Danchuk	
Analysis of Greenhouse Gas emission limitation versions in the Kazakstan energy sector	118
G.A. Papafanasopulo	
Strategy of electrical energy development in Kazakstan and priority directions on limitation of Greenhouse Gas emission	127
S.V. Mizina, O.V. Pilifosova, E.F. Gossen	
Greenhouse Gas emission reduction potential assessment in the non-energy sector of Kazakstan ...	135
Yu. M. Popov	
About assessment of carbon accumulation potential in Kazakstan soils under conditions of transition to ecological farming systems	145
Anthoni DiNicola	
Steps in preparing forestry and biodiversity sections of climate change action plans Development and evaluation of forestry and biodiversity mitigation measures	150
E.N. Vilesov, V.N. Uvarov	
Mountain glaciers fluctuation as a climate change indicator	165

P.A. Cherkasov	
The mountain glacier system monitoring role during evaluating of ecological and natural resource potential of Kazakstan	176
V.P. Blagoveschensky, N.V. Pimankina	
Snowy condition fluctuations in the mountain regions of the Southeastern Kazakstan	187
S.S. Marchenko	
To the forecast of Zailiysky Alatau frozen ground thermal state in connection with climate change	198
R.K. Yafyazova	
Climate impact on the mudflow-forming factors	209
A.P. Gorbunov, S.S. Marchenko, E.V. Seversky, S.N. Titkov	
Geocryological condition changes in the Northern Tien Shan in connection with global climate warming	217
O.E. Semenov	
Aerosol plane sources model and evaluation of its mass generation by convectional movements	223
S.P. Shivareva, M.A. Muradov, N.I. Ivkina, T.P. Stroyeva, N.N. Schegoleva, E.I. Vasenina	
Atmospheric processes influence on storm surges at the Kazakstan Caspian Sea coast	228
G.S. Ahmetova	
About the role of heat and moisture turbulent transferring the surface of mountain glaciers under contemporary their area reduction conditions	237
A.V. Belyi	
Realities and consequences of the Kazakstan Southeast climate continentality changes	241
FINAL DOCUMENTS	250

**СЕМИНАР ПО ПОДГОТОВКЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПЛАНА ДЕЙСТВИЙ
ПО РАМОЧНОЙ КОНВЕНЦИИ ООН ОБ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА И
МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ПРОБЛЕМАМ
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

Семинар по подготовке Национального плана действий по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (НПД РКИК) проходил совместно с международной конференцией по изменению климата в г. Алматы с 23 по 25 апреля 1997 года.

Семинар стал первым координационным совещанием по разработке в Республике Казахстан Национального плана действий РКИК в рамках программы США "Поддержка разработки Национальных планов действий по изменению климата" (US SNAP Country Studies Program). Основные задачи семинара:

- представить результаты исследований проблем изменения климата по выполнению обязательств и защите интересов Республики Казахстан по Рамочной Конвенции ООН;
- наметить цели, приоритеты, секторы экономики и меры по ограничению эмиссий парниковых газов и адаптации к ожидаемым изменениям климата для включения в Национальный план действий;
- определить процедуру разработки структуры НПД РКИК и объединения его с другими отраслевыми и региональными планами развития и экологическими программами Республики Казахстан;
- организовать координационную группу экспертов (КГЭ) по разработке НПД РКИК.

В работе принимали участие представители следующих министерств и ведомств, зарубежных и международных организаций:

- Министерства экологии и биоресурсов Республики Казахстан;
- Министерства энергетики и природных ресурсов Республики Казахстан;
- Министерства иностранных дел Нидерландов;
- Госкомитета Республики Казахстан по чрезвычайным ситуациям;
- Агентства по гидрометеорологии и мониторингу природной среды Минэкобиоресурсов Республики Казахстан;
- Национального академического центра аграрных исследований Республики Казахстан;
- Нацстатагентства Минэкономторга Республики Казахстан;
- Управления международного сотрудничества Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет);

- Агентства США по международному развитию;
- Агентство по гидрометеорологии Кыргызской Республики;
- Казахского научно-исследовательского института мониторинга окружающей среды и климата (КазНИИМОСК);
- Казахского института стратегических исследований при Президенте Республики Казахстан;
- Института ионосферы МН-АН Республики Казахстан;
- Института географии МН-АН Республики Казахстан;
- Казахского национального государственного университета им. аль-Фараби;
- Института космических исследований МН-АН Республики Казахстан;
- Института экологии Народной Академии Казахстана;
- Кыргызско-Российско-Славянского университета;
- Казахского научно-исследовательского института энергетики;
- Казахского научно-технического университета;
- Алматинского Государственного университета им. Абая;
- ПРООН;
- Американской программы Национальных исследований (Country Studies);
- Компании "Леса Америки";
- Международного центра геоэкологии гор аридных районов;
- Комитета по вопросам экологии природопользования Мажилиса Парламента Республики Казахстан;
- Отдела координации и подготовки правительственных решений;
- РГП АлматыЭнерго;
- Проекта по природоохранной политике и технологии;
- Неправительственной организации ISAR;
- Энергоцентра "ЕС-Казахстан".

Совещание открыл директор Агентства по гидрометеорологии и мониторингу природной среды Минэкобиоресурсов, директор КазНИИМОСК А.М. Шамен. На заседаниях семинара и международной конференции заслушаны и обсуждены 41 пленарный и 15 стендовых докладов. Отмечалась высокая активность участников в дискуссии. В выступлениях говорилось об актуальности проблемы исследования изменения климата, необходимости стабилизации и сокращения выбросов в атмосферу парниковых газов, а также поиска путей к смягчению неблагоприятных воздействий парникового эффекта практически на все виды деятельности человека.

Работа семинара и конференции освещалась в средствах массовой информации Республики Казахстан. Основные материалы (доклады и решения) семинара и конференции публикуются в настоящем выпуске журнала.

УДК 551.583.001.12 (574)

**О ЦЕЛЯХ И ЗАДАЧАХ ПОДГОТОВКИ И ВЫПОЛНЕНИЯ
В КАЗАХСТАНЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПЛАНА ДЕЙСТВИЙ
ПО РАМОЧНОЙ КОНВЕНЦИИ ООН
ОБ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА**

Директор Агентства по гидрометеорологии и мониторингу природной среды Минэкобиоресурсов Республики Казахстан,
директор Казахского научно-исследовательского института мониторинга окружающей среды и климата,
канд. экон. наук А.М. Шамен

Приводятся материалы доклада, сделанного на открытии международного семинара и конференции по проблемам изменения климата. Освещены вопросы подготовки Национального плана действий по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. Указаны основные направления в решении задач по стабилизации выбросов парниковых газов в атмосферу и меры по адаптации различных секторов экономики Казахстана к изменениям климата.

Первый казахстанский семинар проводится с целью подготовки Национального плана действий по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. Он позволит представителям различных министерств и ведомств, политическим деятелям и ученым скоординировать совместные усилия по одной из важнейших проблем современности - проблеме изменения климата. Настоящий семинар, как и вся предыдущая работа в этом направлении, является частью международного сотрудничества. Хорошо известно, что за последние 50 лет наблюдалось быстрое увеличение содержания этих газов в атмосфере в результате хозяйственной деятельности человека, особенно при сжигании ископаемого топлива. Парниковый эффект обусловил повышение температуры воздуха у поверхности земли. Так, за последние 100 лет глобальная температура воздуха возросла в среднем на 0,3-0,6 °С. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) в своем заключении указала, что если не будет сделано никаких ограничений на выбросы парниковых газов, то средняя температура воздуха на земном шаре к концу следующего столетия будет выше современной примерно на 2 °С. Это довольно значительное повышение.

В конце июня прошлого года в Женеве проходила Вторая Конференция Сторон по Рамочной Конвенции на уровне министров. На ней одобрен второй оценочный отчет МГЭИК как документ, дающий

на сегодняшний день наиболее обстоятельную и авторитетную оценку исследованиям изменения климата, его воздействиям и ответным мерам. Особое внимание уделено следующим выводам МГЭИК:

- влияние человеческой деятельности на изменение климата является очевидным;
- ожидается, что за период с 1990 по 2100 год, если конкретные меры не будут приняты, глобальная средняя температура приземного воздуха увеличится приблизительно на 2°C , а средний уровень моря поднимется еще на 50 см;
- изменение климата станет результатом значительных, часто неблагоприятных, воздействий на многие экосистемы и социально-экономические секторы, включая обеспечение продуктами питания, водные ресурсы и здоровье человека;
- эти воздействия могут быть необратимыми;
- развивающиеся страны и страны с переходной экономикой являются наиболее уязвимыми к изменению климата.

Мировое сообщество климатологов также пришло к выводу, что значительное уменьшение выбросов парниковых газов технически и экономически выполнимо. Большинство стран обладает достаточными возможностями для сокращения этих выбросов. Однако для успешного решения проблем по предотвращению опасного антропогенного воздействия на климат, а также адаптации к ожидаемым изменениям, необходимы усилия всех стран.

Для смягчения негативных последствий возможного изменения климата и защиты климатической системы от опасного антропогенного воздействия более 150 стран подписали Рамочную Конвенцию об изменении климата (РКИК). Республика Казахстан ратифицировала ее в мае 1995 года. В соответствии с поручением Правительства Республики Казахстан, Агентство по гидрометеорологии является головной организацией, на которую возложены обязанности по выполнению международных обязательств Республики Казахстан по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. Конечная цель РКИК ООН заключается в достижении стабилизации концентрации парниковых газов в атмосфере на уровне, недопускающем опасного антропогенного воздействия на климатическую систему, в сроки, достаточные для естественной адаптации экосистем к изменению климата, которые позволят не ставить под угрозу обеспечение населения продовольствием и дальнейшее экономическое развитие государств на устойчивой основе.

Выполняя обязательства по статье 4 Рамочной Конвенции, Казахстан включился в работу по следующим основным направлениям:

- составление Национального кадастра антропогенных выбросов парниковых газов в соответствии с методологией МГЭИК;
- выработка рекомендаций по осуществлению подготовительных мер с целью адаптации к последствиям изменения климата, включая оценку уязвимости и техническую оценку мер по адаптации сельского

хозяйства, водных, лесных ресурсов и энергетики, направленных на уменьшение потерь от изменений климата под влиянием антропогенного потепления;

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

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

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

- предоставление Конференции Сторон подробной информации о проводимых национальных мероприятиях по выполнению Конвенции и о их результатах.

С конца 1993 г. в КазНИИМОСК Агентства по гидрометеорологии выполняет совместный Казахстанско-Американский научно-технический проект "Парниковые газы и изменение климата Казахстана", где участвуют специалисты 9 министерств и ведомств в рамках программы поддержки национальных исследований, при технической и финансовой поддержке ЮСАИД США и Правительства Казахстана.

К настоящему времени наиболее важными результатами, полученными в ходе работ по проблемам изменения климата в Республике Казахстан, являются:

- Национальный кадастр источников антропогенных выбросов парниковых газов за 1990 год;

- оценка уязвимости сельского хозяйства, лесных и водных ресурсов и предварительные рекомендации по адаптационным мерам в этих секторах экономики;

- варианты наиболее приоритетных мер по ограничению эмиссий в энергетическом секторе, который служит главным источником выбросов парниковых газов в Казахстане;

- предварительный анализ мер по ограничению выбросов в не-энергетическом секторе экономики.

Важным результатом национальных разработок является также расширение организационной структуры для исследования и принятия решений в различных аспектах проблемы изменения климата.

Результаты работы по проекту "Парниковые газы и изменения климата Казахстана" высоко оценены американской стороной и международными экспертами. Основные из них вошли в ряд сводных отчетов по программе национальных исследований, опубликованы в зарубежных и отечественных научно-технических журналах, представлены на Конференцию Сторон в Берлине. Эти результаты, надеемся, составят базу при определении наиболее эффективной и соответствующей

стратегии в отношении мер по ограничению эмиссий парниковых газов, уменьшению степени изменения климата и адаптации к нему. Предлагаемые меры напрямую связаны с такими проблемами, как защита окружающей среды, снабжение населения продовольствием и экономическое развитие государств на устойчивой основе.

Последующие задачи выполнения Казахстаном обязательств по Рамочной Конвенции можно разделить на три части. Первая включает в себя дальнейшее проведение и развитие научных исследований и доведение технических оценок до уровня рекомендаций для политических деятелей и организаций, принимающих решения. В число задач этой группы входит обновление инвентаризации эмиссий парниковых газов, глубокая оценка приоритетных технологий ослабления влияния эмиссий парниковых газов и стратегий адаптации к изменению климата, сконцентрированная на энергетическом секторе, сельском хозяйстве и водных ресурсах.

Вторая важная задача - составление, рассмотрение и принятие Национального плана действий по климату. Эта задача в значительной степени относится к разряду социально-политических и включает в себя такие подзадачи, как объединение проблем и внедрение планируемых мер, связанных с изменением климата в другие проекты и национальные программы; развитие согласованности и поддержки приоритетных мер по ослаблению и адаптации; достижение консенсуса руководителей различных министерств и ведомств по вопросам включения мероприятий и планов действий в различных отраслях экономики в Национальный план действий по климату. В настоящее время в Казахстане существует ряд программ и законов, которые направлены на ослабление влияния парниковых газов на климат, экономику и природные экосистемы.

Третьей задачей является подготовка Первого Национального Сообщения Казахстана на Конференцию Сторон Рамочной Конвенции ООН по изменению климата в соответствии со статьей 12 Конвенции на основе Национального плана действий и заключительного отчета по национальным исследованиям.

Благодаря успехам, достигнутым учеными Казахстана в исследовании изменений климата, Американская сторона продолжила сотрудничество с казахстанскими исследователями. Работы по новой программе, которая заключается в подготовке Национального плана действий, направленного на предотвращение неблагоприятных изменений климата и их последствий, началась в октябре 1996 года. Подготовка Национального плана действий по климату, по РКИК ООН, в значительной степени относится к разряду социально-политических задач. Она предполагает внедрение планируемых мер, направленных на ослабление неблагоприятных воздействий изменения климата, в другие общие национальные стратегии развития, а также в энергетическую, экологическую и сельскохозяйственную политику.

Проведение настоящего семинара является краеугольным камнем в начавшемся процессе разработки Национального плана действий по климату РКИК ООН.

В процессе работы семинара необходимо:

- подготовить общую стратегию Национального плана действий по климату РКИК ООН;

- обеспечить поддержку Национального плана действий по климату РКИК ООН руководителями министерств энергетики и природных ресурсов, экологии, сельского и лесного хозяйства и экономики;

- определить механизм партнерства правительственных организаций, научного сообщества и общественности Казахстана в решении проблем изменения климата.

Программа семинара и последующей конференции построена таким образом, чтобы рассмотреть основные вопросы в следующем порядке:

- доложить результаты исследований по проблеме изменения климата и выполнению обязательств Республики Казахстан по Рамочной Конвенции ООН;

- обменяться информацией и опытом с коллегами из других стран и организаций, имеющих непосредственное отношение к различным аспектам проблемы изменения климата;

- определить цели, приоритеты, секторы экономики, меры по ограничению эмиссий парниковых газов и адаптации к ожидаемым изменениям климата для включения в Национальный план действий Республики Казахстан;

- разработать структуру Национального плана действий Рамочной Конвенции ООН об изменении климата и процедуру объединения его с другими отраслевыми планами развития и экологическими программами Республики Казахстан и, прежде всего, с Национальным планом действий по охране окружающей среды для устойчивого развития;

- организовать координационную группы по разработке Национального плана действий по климату РКИК ООН.

Таким образом, в результате двухдневной работы семинара планируется определить структуру и обозначить приоритеты Национального плана действий по климату и принять итоговый документ семинара. Принятые обязательства и достигнутые соглашения позволят внести вклад в решение важнейшей проблемы современности - сокращение эмиссии парниковых газов и ослабление негативных последствий изменения климата.

ҚАЗАҚСТАНДА КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУІНЕ БАЙЛАНЫСТЫ БҰҰ-НЫҢ РАМАЛЫҚ КОНВЕНЦИЯСЫ БОЙЫНША ҰЛТТЫҚ ІС-ӘРЕКЕТ ЖОСПАРЫНЫҢ МАҚСАТЫ МЕН МІНДЕТТЕРІН ДАЙЫНДАУ ЖӘНЕ ОРЫНДАЛУЫ ТУРАЛЫ

Қазақстан Республикасының экология және биоресурстар министрлігінің гидрометеорология және табиғи ортаның мониторингі жөніндегі агенттіктің директоры, Қазақтың қоршаған орта мониторингісі және климат ғылыми-зерттеу институтының директоры,
экон. ғ. канд. А.М.Шөмен

Климаттың өзгеру мәселелері туралы халықаралық семинар мен конференцияның ашылуында оқылған баяндамадан мәліметтер келтірілген. Климаттың өзгеруі туралы БҰҰ-ның Рамалық Конвенциясы бойынша ұлттық іс-әрекет жоспарын дайындау жолдары баяндалған. Парникті газдардың ауаға шығуын тұрақтандыру міндетін шешудің негізгі бағыттары және климаттың өзгеруіне Қазақстан экономикасының әртүрлі секторларының бейімделу шаралары көрсетілген.

УДК 551.588(094.2.)(470)

**ПЕРСПЕКТИВЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЦЕЛЕЙ
РАМОЧНОЙ КОНВЕНЦИИ ООН ОБ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ -
ФЕДЕРАЛЬНАЯ ЦЕЛЕВАЯ ПРОГРАММА
"ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОПАСНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И ИХ
ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ"**

А.И. Бедрицкий

В.Х. Бердин

Канд. физ.-мат. наук А.В. Карпов

Излагаются основные цели и задачи Федеральной целевой программы (ФЦП), система программных мероприятий, их ресурсное обеспечение, механизм реализации ФЦП, контроль за ходом выполнения и данные об оценке ее эффективности. Приводятся результаты деятельности Межведомственной комиссии Российской Федерации по проблемам изменения климата. Рассматриваются некоторые аспекты переговорного процесса по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата.

На пороге третьего тысячелетия мировая цивилизация достигла такого уровня развития, когда масштабы влияния ее деятельности на окружающую среду стали сравнимы с естественными изменениями в природных процессах. Последствия антропогенной деятельности уже сейчас серьезно сказываются и на природной среде, оказывая при этом влияние на развитие человеческого сообщества. В то же время, накопленные знания, имеющиеся научно-технические достижения и опыт международного сотрудничества в решении глобальных экологических проблем дают возможность принятия и осуществления глобальной стратегии предотвращения негативных изменений в природной среде.

Конференция ООН по окружающей среде и развитию, состоявшаяся в Рио-де-Жанейро в 1992 году, стала первым шагом мирового сообщества в реализации новой модели эволюции, основанной на комплексном решении глобальных экологических проблем и вопросов обеспечения устойчивого экономического развития государств. Одним из краеугольных камней в решениях, принятых в Рио-де-Жанейро, безусловно является Рамочная Конвенция ООН об изменении климата, которую подписали лидеры 157 государств мира.

Российская Федерация ратифицировала Конвенцию 4 ноября 1994 года, и этот шаг тесно сопрягается еще с одним более поздним российским нормативным актом - Указом Президента Российской

Федерации от 1 апреля 1996 года о Концепции перехода России на модель устойчивого развития.

Федеральная целевая программа "Предотвращение опасных изменений климата и их отрицательных последствий"

В целях выполнения обязательств по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (которые, в частности, предусматривают, что уровень национальных антропогенных выбросов парниковых газов России, как Стороны приложения I к Конвенции, к 2000 году не должен превысить уровень 1990 года) и предотвращения отрицательных последствий изменения климата для здоровья населения и экономики страны. Правительство Российской Федерации своим Постановлением от 19 октября 1996 г. № 1242 утвердило Федеральную целевую программу "Предотвращение опасных изменений климата и их отрицательных последствий". Головным заказчиком Программы определена Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Программа направлена на обеспечение сдерживания выбросов и увеличение поглощения парниковых газов за счет системы взаимоувязанных технико-экономических и организационно-технических мероприятий, охватывающих все основные отрасли производства и виды хозяйственной деятельности, приводящие к выбросам парниковых газов или позволяющие увеличить их поглощение. Сводные показатели системы программных мероприятий и их финансирование приведены в табл. 1.

Для предотвращения серьезного ущерба, который может быть нанесен климатически зависимым отраслям экономики России, должен быть разработан комплекс предупредительных мер, направленных на адаптацию к ожидаемым изменениям климата. Программа предусматривает действия, которые позволяют преодолеть существующие трудности в сборе и анализе информации об изменениях климата, об антропогенных причинах таких изменений и источниках выбросов. Для этих целей планируется создать соответствующие автоматизированные информационные системы.

Кроме того, предусматривается преемственность и связь между разработками и мерами на 1997-2000 годы и стратегией и мероприятиями на последующие периоды - до 2005, 2010 и 2020 года. Реализация Федеральной программы является комплексной задачей государственного масштаба и требует скоординированных действий министерств и ведомств, отвечающих за реализацию государственной политики в различных отраслях экономики страны.

Таблица 1

Федеральная целевая программа "Предотвращение опасных изменений климата и их отрицательных последствий"

Подпрограмма	Ожидаемый объем финансирования за счет средств федерального бюджета на 1997-2000 годы, млн рублей
Создание и обеспечение функционирования информационной системы об изменении климата под влиянием антропогенных факторов	21352
Создание и обеспечение функционирования информационно-аналитической системы сбора и статистического учета данных об источниках и поглотителях парниковых газов, их выбросах, поглощении и влиянии на процессы глобального потепления	20725
Создание и обеспечение функционирования системы наблюдений за парниковыми газами и аэрозолями в атмосфере	7991
Система предупредительных мер в целях адаптации экономики Российской Федерации к изменениям климата	58954
Система мероприятий по ограничению антропогенных выбросов парниковых газов и увеличению их поглощения	58694
Разработка стратегии и мер по предотвращению опасных изменений климата и их отрицательных последствий на период до 2020 года	3721
Всего по Программе	171437

Предполагается участие в Программе всех заинтересованных министерств и ведомств. Предусмотренная в Федеральной программе система мероприятий по ограничению и снижению антропогенных нагрузок на климатическую систему будет охватывать все новые отрасли отечественной экономики и группы производств, в том числе: топливно-энергетический комплекс; транспортный комплекс; химическую и нефтехимическую промышленность; металлургический комплекс; строительную индустрию; машиностроительные отрасли; сельское и лесное хозяйство; коммунальное хозяйство, утилизация отходов и др.

Каждое из этих направлений деятельности представляет сложный комплекс практических проблем, требующих решения.

Известно, например, что в настоящее время топливно-энергетический сектор является одной из основных сфер, где можно добиться существенного и экономически эффективного сокращения эмиссий двуоксида углерода в атмосферу. В России существуют огромные неиспользованные возможности энергосбережения. Согласно "Энергетической стратегии России", разработанной в 1994 году, неиспользованный потенциал энергосбережения составляет в нашей стране 450-530 млн т условного топлива (тут) или 40-45 % современного энергопотребления (табл. 2). Реализовать этот потенциал - насущная и острейшая проблема.

Сдерживание роста эмиссий двуоксида углерода при производстве электроэнергии связано с расширением использования природного газа, при сжигании которого эмиссии значительно ниже, чем при сжигании угля или нефтепродуктов, а также с широким использованием возобновляемых источников энергии. Помимо этого, мероприятия по повышению энергоэффективности должны охватить все сферы экономической деятельности: промышленность, транспортный сектор, жилищно-коммунальное хозяйство. Это потребует реализации целенаправленной политики структурных преобразований в области производства и потребления. Важной частью планируемых работ будет совершенствование государственной системы стандартов.

Другим важнейшим направлением деятельности является лесохозяйственный сектор, где при относительно меньших материальных затратах можно достичь крупных реальных результатов в увеличении поглощения двуоксида углерода. Ежегодный российский сток двуоксида углерода оценивается в 200 млн т углерода (антропогенные эмиссии этого парникового газа в России в 1990 году составили 651 млн т углерода).

Одновременно, в рамках Федеральной программы, будет разработана система превентивных мер по адаптации чувствительных к изменениям климата отраслей экономики, в первую очередь сельского, водного и лесного хозяйства. Особо следует отметить значение разработки таких мер для районов вечной мерзлоты, занимающих более 50 % территории Российской Федерации, где потепление климата неизбежно сопровождалось бы повреждением нефте- и газопроводов, жилых и производственных зданий и сооружений, автодорог и аэропортов и нарушением хрупких северных экосистем.

Федеральная программа предусматривает также создание специализированных информационно-аналитических систем, которые позволят отслеживать и прогнозировать климатические аномалии и изменения климата, оценивать и осуществлять статистический учет всех видов антропогенных источников выбросов и поглотителей парниковых газов на территории Российской Федерации.

Потенциал экономии энергетических ресурсов в Российской Федерации

Таблица 2

Отрасль экономики	Природный газ, млрд м ³	Нефтепродукты, млн т	Уголь, кокс, млн т	Электроэнергия, млрд тут	Теплоэнергия, 10 ¹⁵ Дж	Всего, млн тут
Топливо-энергетический комплекс:	45-60	15-17	33-39	38-46	670-750	150-180
добыча нефти	5-10					6-12
добыча угля				8-10		2,5-3,5
транспорт энергоносителей	8-9		7-8	30-36	630-710	52-59
электро- и теплоэнергетика	32-42	10-12	26-31			80-97
нефтепереработка		4,5-5			38-42	8-9
Коммунально-бытовой сектор	10	0,6-0,8	21-23	65-70	500-610	75-83
Сельское хозяйство	1,4-1,5	14-15	1,5-1,7	8-10	17	27-29
Транспорт		29-34				42-50
Промышленность:	34-42	6-7	12-14	220-265	700-860	158-190
общепромышленные мероприятия	10-13	0,5		150-185	310-420	73-92
металлургия	12-15	2	10-11	20-24	21-25	34-39
машиностроение	-(3-4)	0,5		55-60		15-16
строительные материалы	10,0-11,5	1,7-2,0	2,0-2,5	-(8,5-10,0)	170-190	20-23
химия и нефтехимия	5-6			4-5	50-63	9-10
лесобумажная	0,3-0,7	1-2			150-170	8-10
Всего	90-110	65-74	70-78	330-390	1870-2240	450-530

Одновременно будет проведен комплекс мероприятий по развитию системы наблюдений за климатически активными примесями в атмосфере (парниковые газы, аэрозоли).

И, наконец, Федеральной программой предусматривается разработка эффективной долгосрочной поэтапной стратегии и национальной программы действий с этапами 2005, 2010 и 2020 годы, главной целью которых будет сдерживание роста антропогенных выбросов парниковых газов в условиях экономического подъема страны. В табл. 3-5 приведены основные сценарии развития экономики Российской Федерации и оценки выбросов парниковых газов с учетом планируемых политики и мер на национальном уровне (А и Б). Причем, в сценарии А приводятся минимальные значения, а в Б - максимальные.

Таблица 3

Сценарии потребления ископаемого топлива в Российской Федерации с 1990 по 2010 год, млн т условного топлива

Источник энергии	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2010 г.
Твердое топливо	278	179-183	174-187	206-221
Нефть	319	248-251	249-255	256-272
Природный газ	531	532	553-585	596-631
Всего	1128	959-966	976-1027	1058-1124

Таблица 4

Потребность в энергии хозяйства Российской Федерации

Энергоносители	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2010 г.
Электроэнергия, млрд кВт ч	1073	840-870	850-990	1080-1270
Душевое электропотребление, тыс. кВт ч/чел.	7,22	5,5-6,0	5,8-6,6	7,1-8,3
Теплоэнергия (централизованная), 10^{15} Дж	8690	7750-7870	7830-8160	7960-8580
Моторное топливо, млн т	104	74-76	76-80	83-95
Первичные энергоресурсы, млн т	1257	990-1050	950-1090	1010-1200
Душевое энергопотребление, т/чел.	8,46	6,7-7,1	6,5-7,3	6,6-7,8

Таблица 5

Оценки антропогенной эмиссии CO₂ для Российской Федерации, млн т

Топливо	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2010 г.
Твердое	210	135-138	132-141	156-167
Нефть	187	145-147	146-149	150-159
Природный газ	238	238-238	248-262	267-283
Всего, млн т	635	518-523	526-552	573-609

**Межведомственная комиссия Российской Федерации
по проблемам изменения климата**

Совершенно очевидно, что масштабность поставленных Федеральной программой задач требует высокого уровня координации на межведомственном уровне. Такая координация будет осуществляться Межведомственной комиссией Российской Федерации по проблемам изменения климата, которая создана постановлением Правительства Российской Федерации в 1994 году со следующими целями и задачами:

- координация работы министерств и ведомств Российской Федерации по уменьшению негативного влияния хозяйственной деятельности на климат, предотвращению отрицательных последствий изменения климата для экономики страны и природной среды;

- координация деятельности министерств, ведомств и организаций Российской Федерации по обеспечению выполнения обязательств России, вытекающих из Рамочной Конвенции ООН об изменении климата, направленных на стабилизацию концентрации парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему;

- организация и координация деятельности по участию Российской Федерации в официальных органах Конвенции, а также в международном сотрудничестве по проблемам изменения климата.

Одним из завершенных этапов работы Межведомственной комиссии и является разработка изложенной выше Федеральной целевой программы "Предотвращение опасных изменений климата и их отрицательных последствий".

Межведомственная комиссия уделяет большое внимание международным аспектам, связанным с обеспечением участия Российской Федерации в Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. Под эгидой Межведомственной комиссии подготовлено Первое Национальное сообщение Российской Федерации о деятельности по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата, которое рассмотрено и одобрено Правительством Российской Федерации и, в соответствии с принятой международной процедурой, в ноябре 1995 года представлено в Секретариат Конвенции. В апреле 1996 года в Москве международной группой экспертов, образованной Секретариатом Конвенции,

были проведены обзор и экспертиза Первого Национального сообщения Российской Федерации о деятельности по Конвенции. Работы Российской Федерации получили высокую оценку, отчет международной группы экспертов представлен и одобрен на сессиях вспомогательных органов Конвенции, состоявшихся в Бонне, Германия, 25 февраля - 7 марта 1997 года.

Следует отметить большие потенциальные возможности совместных с другими Сторонами Конвенции действий по ограничению и сокращению выбросов парниковых газов в различных сферах хозяйственной деятельности, а также увеличение стока двуокиси углерода за счет лесохозяйственных мероприятий. Российская Федерация рассчитывает также возможно широко привлекать иностранные инвестиции и использовать механизмы передачи современных технологий, в том числе для реализации Федеральной целевой программы "Предотвращение опасных изменений климата и их отрицательных последствий".

К настоящему времени Межведомственной комиссией Российской Федерации по проблемам изменения климата рассмотрены и приняты следующие проекты совместного осуществления обязательств с зарубежными странами - Сторонами Рамочной Конвенции ООН об изменении климата:

- российско-американский проект "РУСАФОР" по лесохозяйственным работам в Саратовской области;
- российско-американский проект "РУСАГАЗ" по снижению утечек метана из газопроводов РАО "Газпром" в Волгоградской и Саратовской областях;
- российско-американский проект по повышению энергоэффективности систем централизованного теплоснабжения г. Зеленограда Московской области;
- российско-американский проект по лесохозяйственным лесовосстановительным работам в Волгоградской области;
- российско-нидерландский проект по повышению энергоэффективности и урожайности парниковых хозяйств в Тюменской области;
- российско-нидерландский проект по снижению выбросов метана со свалок Московской области.

Для дальнейшего развития такого сотрудничества под эгидой Межведомственной комиссии проработано с американской стороной и в июле 1996 года подписано Председателем Правительства Российской Федерации В.С. Черномырдиным и Вице-Президентом США А. Гором совместное заявление Правительства Российской Федерации и Правительства Соединенных Штатов Америки о намерениях в области совместного осуществления мер по сокращению выбросов парниковых газов. В декабре 1996 года Росгидромет и Министерство коммунального хозяйства, землеустройства и окружающей среды Нидерландов подписали Письмо о взаимных намерениях по сотрудничеству в области совместного осуществления мер по сокращению выбросов парниковых газов.

Российская Федерация готова к равноправному и взаимовыгодному сотрудничеству в этой области со всеми странами, и, в первую очередь,

со своими ближайшими соседями, странами СНГ. При этом ожидается, что полученные результаты по Федеральной целевой программе "Предотвращение опасных изменений климата и их отрицательных последствий" найдут практическое применение в этих странах. Со своей стороны, в Российской Федерации будут с благодарностью восприняты любые идеи стран СНГ, которые можно использовать на национальном уровне. Условия для широкого сотрудничества стран СНГ по проблемам изменения климата имеются. В частности, Росгидромет и национальные гидрометеорологические службы стран СНГ используют для этих целей возможности Межгосударственного совета по гидрометеорологии.

О некоторых аспектах переговорного процесса по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата

Известно, что созданная весной 1995 года на первой сессии высшего органа Конвенции - Конференции Сторон Специальная группа по Берлинскому мандату (СГБМ) занята разработкой протокола или иного правового документа, который будет регламентировать обязательства Сторон Конвенции на период после 2000 года.

В ходе сессии СГБМ (Бонн, Германия, 25 февраля - 7 марта 1997 года), подготовлен первоначальный сводный текст, который, по сути, является проектом этого документа. Планируется, что текст проекта протокола будет дважды рассматриваться на сессиях вспомогательных органов Конвенции (Бонн, Германия, 28 июля - 7 августа и 20-31 октября 1997 года), с тем, чтобы окончательный его вариант представить для принятия на очередной третьей сессии высшего органа Конвенции - Конференции Сторон, которая состоится в Киото, Япония, в декабре 1997 года. Предполагается, что протокол включит в себя положения об укреплении обязательств Сторон приложения I (промышленно развитые страны и страны с переходной экономикой). Еще не все страны заявили о тех рубежах по ограничению и сокращению выбросов парниковых газов, которых они хотят достичь после 2000 года. Имеющиеся подходы также существенно различаются.

В начале марта 1997 года на заседании министров по окружающей среде стран-членов Европейского Союза одобрено общее для них обязательство снизить антропогенные выбросы парниковых газов к 2010 году на 15 % по сравнению с 1990 годом. Такая инициатива безусловно может приветствоваться. Однако следует иметь в виду, что это общее для стран-членов ЕС обязательство предполагает широкую дифференциацию индивидуальных обязательств между странами ЕС. В частности, Германия готова взять обязательство снизить эмиссии на 25 %, в то время как Португалия хочет сохранить за собой право увеличить выбросы парниковых газов на 18 %.

Основная позиция Российской Федерации в этом вопросе заключается в следующем:

- Стороны, являющиеся развитыми странами, и другие Стороны, включенные в приложение А к протоколу (преемники сторон приложения I к Конвенции), берут на себя обязательство индивидуально или совместно сохранить на 2000 - 2010 годы свои средние за этот период ежегодные уровни антропогенных нетто-эмиссий парниковых газов на уровне базового 1990 или иного года, принятого этими Сторонами в качестве точки отсчета;

- Стороны, являющиеся развитыми странами, и другие стороны, относящиеся к числу развитых, включенные в приложение В (преемники сторон приложения II к Конвенции), в целях укрепления своих обязательств и с учетом своих реальных возможностей, могут принять также дифференцированные дополнительные обязательства по снижению своих антропогенных нетто-эмиссий парниковых газов ниже уровня 1990 года;

- для предоставления необходимой гибкости каждой из Сторон приложений А и В, любой из них в предшествующие годы достигнувшей реального сокращения антропогенных нетто-эмиссий парниковых газов ниже принятого в соответствии с ее обязательствами уровня, это снижение, определяемое как сумма ежегодных сокращений в тоннах углеродного эквивалента, засчитывается конкретной Стороне в последующие годы в ее квотах на антропогенные нетто-эмиссии парниковых газов;

- в соответствии с принципом предоставления определенной гибкости при выполнении конвенционных обязательств Сторонам приложения I к Конвенции, которые осуществляют процесс перехода к рыночной экономике, с учетом реального сокращения ими в 1990-2000 годах антропогенных эмиссий парниковых газов и необходимости укрепления их способности заниматься проблемами, связанными с изменением климата, этим Сторонам предоставляется право сохранить на период после 2010 года свои средние ежегодные уровни антропогенных нетто-эмиссий парниковых газов на уровне базового 1990 или иного года, принятого ими в качестве точки отсчета до того срока, когда эти Стороны достигнут средних показателей для Сторон приложения В по валовому внутреннему продукту на душу населения;

- каждая Сторона приложений А и В протокола, самостоятельно определяет для себя те направления политики и меры, которые она будет реализовывать для достижения поставленной цели. Избранные направления объявляются в национальных сообщениях и по выполнению указанной процедуры приобретают для Сторон обязательную силу.

Представляется, что такой подход должен справедливо и со всей возможной гибкостью обеспечить стабильное движение к цели Рамочной Конвенции ООН об изменении климата при обеспечении права каждой Стороны на устойчивое развитие и получение адекватной международной поддержки.

Федеральная служба России по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды

РОССИЯ ФЕДЕРАЦИЯСЫНДА БҮҮ-НЫҢ КЛИМАТ
ӨЗГЕРҮНЕ БАЙЛАНЫСТЫ РАМАЛЫ
КОНВЕНЦИЯСЫНЫҢ МАҚСАТЫН ЖҮЗЕГЕ
АСЫРУДЫҢ КЕЛЕШЕГІ - “КЛИМАТТЫҢ КАУПТІ
ӨЗГЕРІСІН ЖӘНЕ ОНЫҢ АУЫР ЗАРДАБЫН
БОЛДЫРМАУ” ФЕДЕРАЛДЫҚ МАҚСАТТЫ
БАҒДАРЛАМАСЫ

А.И. Бедрицкий

В.Х. Бердин

Физ-мат. г. канд. А.В. Карпов

Федералдық мақсат бағдарламасының (ФМБ) міндеттері мен негізгі мақсаттары, бағдарламалар шарасының жүйесі, олардың қормен қамтамасыздандырылуы, ФМБ жүзеге асыру механизмі, олардың тиімділігін бағалайтын мәліметтердің орындалуын қадағалайтындығы баяндалған. Климаттың өзгеру мәселесі бойынша Россия Федерациясының ведомствоаралық комиссиясы қызметінің қорытынды нәтижелері келтірілген. Климаттың өзгеруі туралы БҮҮ-ның рамалы конвенциясы бойынша айтылатын мәселелердің бірқатары қарастырылған.

УДК 551.583.15: 633.1 (574)

**ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ
ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ЗЕРНОВОГО ХОЗЯЙСТВА
КАЗАХСТАНА**Доктор геогр. наук Г.Н. Чичасов
Канд. экон. наук А.М. Шамен

Рост глобальной температуры воздуха, начавшийся в конце прошлого столетия, продолжается и в настоящее время. Несмотря на то, что в атмосфере северного полушария наблюдается увеличение повторяемости широтных процессов, климатический режим последних десятилетий характеризуется нарастанием частоты экстремальных событий. Приведены оценки влияния повышения глобальной температуры воздуха на урожайность яровой пшеницы в Казахстане. Показано, что в ближайшие десятилетия не предвидится существенного ее снижения по этой причине.

Климатический режим последних десятилетий характеризовался резкими изменениями и нарастанием частоты экстремальных событий. В различных частях земного шара участились засухи, наводнения, суровые и аномально теплые зимы и т.п. Это в значительной степени повлияло на экономику ряда стран, а в отдельных случаях поставило на грань вымирания целые государства. Ярким и впечатляющим примером изложенному может служить Сахельская засуха, продолжающаяся третье десятилетие. Такой жестокой и продолжительной засухи история человечества еще не знала.

Современные изменения климата Земли происходят не только под влиянием естественных факторов, но и в результате деятельности человека. Интенсивное освоение земель, чрезмерная и зачастую неумелая эксплуатация природных и прежде всего водных ресурсов, низкий уровень сельскохозяйственного производства и целый ряд других факторов существенно изменили климатические условия в различных регионах республики. Влияние антропогенных процессов на климат резко возросло с конца 50-х - начала 60-х годов, что послужило поводом для разделения хронологических рядов наблюдений на два периода: условно-естественный и нарушенный хозяйственной деятельностью. В последний период наиболее угрожающий характер эти воздействия стали приобретать в Приаралье, зоне загрязнений выбросами Экибастузского топливно-энергетического комплекса, Семипалатинского

ядерного полигона, полигона Капустин Яр и космодрома Байконур. Определенный вклад в непреднамеренные изменения климата внесли стихийные бедствия и технологические катастрофы. Единого мнения об основных причинах потепления климата северного полушария в последнем столетии нет. Однако подавляющее большинство ученых и специалистов [2-4, 9, 17, 29] глобальное повышение температуры связывает с изменением газового состава атмосферы и, прежде всего, с ростом концентрации CO_2 . По данным М.И. Будыко [2, 3], количество углекислого газа в атмосфере к середине 80-х годов возросло на 20-25 % и удвоится в конце первой половины следующего столетия. Вместе с тем, воздавая должное самой гипотезе, стройности и весомости физических предпосылок, нельзя не отметить целый ряд фактов, не укладывающихся в ее тесные рамки. Так, исходя из доминирующего влияния CO_2 на изменения современного климата, трудно объяснить противоположность трендов температуры над океанами северного и южного полушарий. Также трудно объяснить, с позиции этой гипотезы, отсутствие положительного тренда у температуры воздуха на большинстве метеостанций северного полушария в 1930-1970 годах. По-видимому, при рассмотрении этих вопросов имеет место переоценка прямого воздействия CO_2 на климат и недооценка других факторов, в том числе и естественного происхождения.

В результате совместного действия естественных и антропогенных факторов в последние годы на многих метеорологических станциях республики были отмечены абсолютные экстремумы температуры воздуха и количества осадков. В качестве примера можно привести 3 сентября 1997 года, когда в Алматы был превышен абсолютный максимум температуры воздуха за более чем столетний период инструментальных наблюдений. Максимальная температура воздуха в этот день поднялась до отметки $37,1^\circ\text{C}$. Предыдущий максимум наблюдался в 1926 году и был равен $33,7^\circ\text{C}$. В Казахстане, так же как и во всем мире, в последнее время участились повторяемости возникновения таких опасных явлений погоды, как засухи, поздние весенние и ранние осенние заморозки. Анализ оценок изменения приземной температуры воздуха, выполненный за последние 100 лет для северного полушария различными авторами [2-4, 23-31], показал, что с конца предыдущего столетия по настоящее время здесь происходит интенсивное потепление климата, прерывавшееся с конца 40-х годов до начала 60-х похолоданием. Скорость повышения температуры воздуха в среднем составляла $0,5^\circ\text{C}/100$ лет, причем в высоких и умеренных широтах в холодное полугодие ее рост происходил несколько быстрее, чем в теплое. По оценкам большинства авторов [2-4, 7, 9, 10, 16 и др.], температура воздуха северного полушария к началу столетия повысится на $1,2...1,4^\circ\text{C}$, а к его середине - на $3,0...4,0^\circ\text{C}$. Заметим, что этим и всем другим прогнозам изменения климата присуща значительная неопределенность.

Ввиду сложности и неоднозначности влияния антропогенных факторов на процессы теплообмена в атмосфере количественная оценка их роли в изменении климата чрезвычайно сложна и ошестствима с большими погрешностями. Еще более сложной задачей представляется определение не настоящего, а будущего вклада хозяйственной деятельности человека в длиннопериодные изменения климата. В этом случае, помимо оценки результатов взаимодействия различных по направленности и вкладу энергетических потоков, необходим учет стратегии политического, технологического и социального развития стран мира.

По мнению ряда отечественных и зарубежных ученых, рост частоты экстремальных погодных условий был обусловлен увеличением повторяемости меридиональных процессов и особенно, если пользоваться терминологией Вангенгейма, форм циркуляции E. Этот тип крупномасштабных циркуляционных процессов характеризуется наличием высотного гребня над Европой и ложбины над Западной Сибирью и Казахстаном. Неудержимый рост меридиональных процессов этого типа, начавшийся в атмосфере северного полушария примерно в 1966 г., завершился и их повторяемость в последнее пятилетие резко пошла на убыль. Одновременно с этим в атмосфере обозначился рост повторяемости быстроперемещающихся волн, отнесенных в вышеупомянутой классификации к широтному типу процессов. Согласно общепринятому мнению, в настоящее время завершается смена циркуляционных эпох и поэтому меридиональные процессы типа E в последние годы носили черты широтных. Это типично для всех месяцев года, но наиболее ярко было выражено в зимние месяцы. Тенденция к уменьшению меридиональности в атмосфере подтверждается также и индексами межширотного обмена, числом равными разности значений геопотенциала на высоте 500 гПа между северными (80°) и южными (30°) широтами северного полушария. Характерные особенности этих индексов и способы их определения подробно изложены в работе Г.Н. Чичасова [14]. Анализ временного хода индексов межширотного обмена выявил три сравнительно одинаковых по продолжительности периода. Первый - с начала 60-х до середины 70-х годов - характеризовался довольно большими положительными отклонениями индекса от своих средних многолетних значений. Аномалии индексов межширотного обмена во втором периоде (1976 - 1980 гг.), наоборот, были ниже нормы. Период с начала 80-х годов и по настоящее время характеризуется ростом индексов межширотного обмена, с еще большим, чем в предыдущем периоде, размахом колебаний. Частые флюктуации индексов указывают на наличие существенной неустойчивости в развитии атмосферных процессов этих лет. Судя по тенденции, рост индексов, а стало быть уменьшение повторяемости меридиональных процессов, в последующем должен продолжаться.

Изменения в характере циркуляционных процессов нашли отражение и в термическом режиме территории. Исследования изменений приземной температуры воздуха в Казахстане выявили тенденции повышения средних месячных и средних годовых значений температуры воздуха на преобладающей части территории [6, 7]. Наибольшие тренды средней месячной температуры воздуха в последнее десятилетие наблюдались в ноябре-январе, а также в апреле и варьировали в пределах 1...4 °С. Круг работ по этой проблеме в целом непрерывно расширяется, причём исследования проводятся в самых различных направлениях. Интересными и существенными с практической стороны представляются результаты, приведенные в работах [22]. Исследуя термический режим каменных глетчеров в Восточных Альпах, С.А. Харрис [22] показал, что даже на глубинах свыше 11 метров в последнее десятилетие наблюдается ярко выраженное потепление. Так, по его оценкам, за период с 1987 по 1992 год средняя годовая температура глетчера в пункте Муртель выросла на 0,57 °С. На уменьшение площадей криолитозон, а также на довольно значительный рост температуры глетчеров указывается и в работах [1, 6, 8]. По данным, приведенным в работе [1], большие изменения вечной мерзлоты произойдут на территории Евразии. Здесь на значительной части криолитозоны начнется интенсивное протаивание многолетнемерзлых пород, а также уменьшение ее площади.

Для диагноза и прогноза климата наибольшую информационную ценность представляют как сведения об абсолютных изменениях средних значений, так и о направленности изменений экстремальных значений. Для выделения крупных аномалий термического режима в Казахстане использовался метод разложения средних месячных полей температуры воздуха по эмпирическим ортогональным функциям (ЭОФ). Данный метод уже применялся для оценки экстремальности метеорологических полей другими авторами и дал вполне удовлетворительные результаты. Первый коэффициент разложения (A_1) описывает самые крупные возмущения рассматриваемых полей. Предлагается два варианта классификации. К первому разряду крупных аномалий отнесены месяцы, для которых $|A_1| \geq \sigma$ - среднего квадратического отклонения, а во втором $|A_1| \geq 1,5 \sigma$. Принципы классификации и рабочие приемы, используемые в ней, более подробно изложены в ранней работе одного из авторов [13]. Последний вариант принят нами за основной. При условии нормальности распределений в этот класс в зависимости от критерия попадает 32 и 25 % всех случаев соответственно. В таблице приведены повторяемости крупных аномалий средних месячных температур воздуха различной интенсивности по 10-летиям.

Как видно из данных (см. таблицу), повторяемость крупных аномалий значительно меняется от десятилетия к десятилетию. Так, крупные отрицательные аномалии наиболее часто встречались в первом (1900 - 1909 гг.), пятом (1940 - 1949 гг.) и шестом (1950 - 1959 гг.)

десятилетиях, 22, 21 и 25 раз соответственно. Затем их повторяемость стала резко снижаться, что хорошо согласуется с данными другими авторов [4, 16, 17, 29]. Зато в периоды 1960 - 1969, 1970 - 1979, 1980 - 1989 гг. рекордно часто отмечались крупные положительные аномалии, соответственно 28, 30 и 33 раза. В последнее десятилетие (1980 - 1989 гг.) из 33 случаев с крупными положительными аномалиями предел $1,5 \sigma$ достигнут или превзойден 13 раз. Условия, близкие к нормальным, наблюдались во втором (1910 - 1919 гг.) и третьем (1920 - 1929 гг.) из рассматриваемых десятилетий, когда число случаев с $A_1 \geq 1,5 \sigma$ - соответственно 10 и 12 раз.

Таблица

Повторяемость (число случаев) крупных положительных (n_1) и отрицательных (n_2) аномалий средней месячной температуры воздуха по десятилетиям

Период, год	$ A_1 \geq \sigma$			$ A_1 \geq 1,5 \sigma$		
	n_1	n_2	n_1+n_2	n_1	n_2	n_1+n_2
1900 - 1909	19	22	41	6	8	14
1910 - 1919	17	17	34	3	7	10
1920 - 1929	18	18	36	6	6	12
1930 - 1939	16	18	34	9	10	19
1940 - 1949	13	21	34	11	9	20
1950 - 1959	17	25	42	7	9	16
1960 - 1969	28	16	44	7	10	17
1970 - 1979	30	15	45	13	6	19
1980 - 1989	33	8	41	13	2	15

Представляет интерес оценить влияние глобального повышения температуры воздуха на повторяемость крупных аномалий средней месячной температуры в Северном Казахстане. Результаты предварительных исследований показали, что при общем повышении температуры воздуха, повторяемость крупных аномалий значительно уменьшилась, а при понижении, наоборот, увеличилась. Предпоследнее сильное повышение температуры, отмечавшееся в северном полушарии, характеризовалось наиболее существенным снижением числа экстраординарных событий в термическом режиме. Самым неожиданным оказалось то, что это произошло за счет уменьшения повторяемости крупных положительных аномалий средних месячных температур воздуха в весенне-летний период. С 1903 по 1930 г. отмечались три однородные эпохи широтных типов циркуляции. Именно на этот период приходится минимум повторяемости числа крупных аномалий температуры воздуха. Поэтому, исходя из самых общих соображений, можно предполагать, что предстоящая циркуляционная эпоха (ближайшие 10 - 12 лет) будет характеризоваться уменьшением частоты экстремальных событий.

Для целей перспективного планирования сельскохозяйственных мероприятий важное значение в условиях глобального роста температуры будет иметь оценка уязвимости сельскохозяйственных культур и прежде всего яровой пшеницы. Результаты оценки возможного изменения урожайности позволяют заранее наметить систему агротехнических приемов ее возделывания, скорректировать структуру посевных площадей и провести целый ряд других мероприятий, направленных на уменьшение негативных последствий потепления климата. Агротехника, выбранная в соответствии с ожидаемой погодой, способна значительно уменьшить падение урожая в неблагоприятные годы и, тем самым, придать ежегодным урожаям большую устойчивость. Тем не менее, следует заметить, что применение даже самых передовых агротехнических приемов в возделывании яровой пшеницы не сможет полностью нейтрализовать воздействие неблагоприятных погодных условий, и поэтому урожайность в такие годы все-таки будет ощутимо понижаться [11, 12, 18]. Это подтверждается и тем, что изменчивость урожайности яровой пшеницы после 40-х годов по сравнению с более ранним периодом увеличилась.

Для оценки влияния потепления климата на урожайность яровой пшеницы применялся метод ее прогноза большой заблаговременности. В качестве одного из предсказателей в нем использовалась повторяемость числа суток с типами атмосферной циркуляции *W*, *C*, *E* по Вангенгейму. Как известно, эта типизация отражает основные характеристики крупномасштабных атмосферных процессов, происходящих в атлантико-европейском секторе и над Западной Сибирью. Она тесно связана с такими климато- и погодообразующими факторами, как океаническая циркуляция, термический и ледовый режим морей и океанов, облачность и др. Кроме того, наличие каталога однородных данных по этой типизации более чем за 100-летний период дает широкие возможности для проведения подобных статистических оценок.

Для определения взаимосвязи между урожайностью яровой пшеницы и показателями атмосферной циркуляции рассчитывались коэффициенты корреляции. Корреляционному анализу были подвергнуты 113-летние ряды за период 1881 - 1995 гг. Оказалось, что использование в статистических схемах прогноза предикторов с заблаговременностью более двух лет малоэффективно, так как значительная часть коэффициентов корреляции между значениями урожайности и характеристиками циркуляции с большой заблаговременностью или равнялась нулю, или лишь незначительно отличалась от него. Иными словами, нами не обнаружены достаточно надежные связи, которые можно привлечь для решения поставленной задачи. Само собой разумеется, что данное утверждение относится только к той форме зависимости, о которой упоминалось выше, т. е. к линейной корреляционной зависимости, и вовсе не отрицает наличие между урожайностью и типами циркуляции других, более сложных, форм связи.

Для оценки влияния повышения глобальной температуры воздуха на урожайность яровой пшеницы применялась регрессионная модель, разработанная и доведенная до оперативного использования одним из авторов ранее [14]. В качестве одного из основных предсказателей в модели использовались параметры крупномасштабных циркуляционных процессов. При изменении повторяемости форм циркуляции на выходе модели можно получить урожайность яровой пшеницы различной обеспеченности. Как было показано выше, в атмосфере северного полушария начали преобладать циркуляционные процессы широтной направленности. Этот тезис подтверждается и результатами теоретических и экспериментальных работ, проводимых другими авторами. Нами были смоделированы условия увеличения повторяемости в атмосфере широтных форм циркуляции за счет уменьшения меридиональных и оценены результаты влияния таких изменений на урожайность яровой пшеницы в основных аридных зонах Северного Казахстана. Причем, использовались не сами значения урожайности, а их отклонения от тренда, для аппроксимации которого, согласно [5, 15], применялась зависимость второго порядка. Оказалось, что увеличение в атмосфере северного полушария повторяемости широтных процессов не только не ухудшит, но даже несколько улучшит условия произрастания зерновых. Так, по нашим расчетам, при увеличении повторяемости широтных процессов на 15-17 % в среднем за десятилетие урожайность яровой пшеницы в Северном Казахстане возрастет примерно на 10 %, т.е. на 1,0 ц/га.

Критически оценивая саму модель, а также полученные по ней результаты, отметим, что такой подход к решению поставленной задачи не является наилучшим, т.к. математическому аппарату, положенному в основу метода, характерна статистическая неустойчивость. Это безусловно не может не сказаться и на результатах расчетов, увеличивая и без того их значительную неопределенность. Указанных недостатков можно в значительной мере избежать, использовав для этих целей метод взаимных спектральных функций, являющихся рабочим аппаратом исследования линейных динамических систем [5]. Предположим, что анализируемые временные ряды некоррелированы или слабо коррелированы только вследствие то что компоненты низкой и высокой частот имеют противоположные знаки связи. Согласно [5, 15], автокорреляционная функция случайной переменной определялась по формуле

$$r(\tau) = \left(\sum_{i=1}^{n-\tau} X_i(x_i + \tau) \right) / (\sigma^2(N - \tau)), \quad \tau=0, 1, \dots, n \quad (1)$$

где x_i - значение отклонений переменной с номером i , τ - значение сдвига, N - число членов временного ряда, σ - дисперсия переменной.

Для получения несмещенных оценок расчеты выполнялись без фильтрации исходных данных. Согласно рекомендациям ВМО, оптимальными являются коррелограммы со сдвигом не более чем на треть длины ряда, что в нашем случае составляет 35 лет. Однако здесь этот интервал был увеличен еще на 18 лет, т.е. почти до половины длительности каждой совокупности.

Проанализируем автокорреляционные функции годового числа суток с разными типами атмосферной циркуляции по Вангенгейму. В многолетнем ходе урожайности яровой пшеницы и характеристик атмосферной циркуляции отмечаются колебания одинаковой продолжительности, которые, по-видимому, вызваны одними и теми же причинами. Это позволяет ожидать возникновения статистически значимых пиков в ходе взаимных спектральных функций. Спектральная плотность оценивалась по автокорреляционной функции

$$S_k^1 = 1/t_n \left\{ r(0) + 2 \sum_{t=1}^{t_n} r(t) \lambda_t \cos(\pi k t / t_n) \right\}, \quad k = 0, 1, \dots, t_n, \quad (2)$$

$$f = k(\Delta\tau) / 2\tau_n. \quad (3)$$

Здесь $\rho(0)$ - автокорреляционная функция при $\tau = 0$; λ_t - весовая функция, применяющаяся для сглаживания $\rho(\tau)$; f - циклическая частота в точке с номером k ; $\Delta\tau$ - интервал дискретности, равный одному году.

Коспектр $S_k^{(1,2)}$, являющийся мерой вклада колебаний различных частот в общую взаимную корреляцию двух временных рядов с нулевым запаздыванием, определялся, как и в [5], по выражению

$$S_k^{(1,2)} = (1/\tau_n) \left\{ \rho(0)^{(1,2)} + \sum_{\tau=1}^{\tau_n} \rho_{\tau}^{(2,1)} \lambda_{\tau} \cos(\pi k \tau / \tau_n) \right\}. \quad (4)$$

Из определения коспектра видно, что он характеризует только синхронные зависимости.

Квадратурный спектр $S_k^{(2,1)}$, отражающий вклад различных гармоник в суммарную корреляцию двух рядов, когда гармоники первого ряда сдвинуты относительно второго на четверть периода T , находился по формуле

$$S_k^{(2,1)} = (1/\tau_n) \left\{ \sum_{\tau=1}^{\tau_n} \lambda_{\tau} (\rho^{(1,2)} - \rho^{(2,1)}) \sin(\pi k \tau / \tau_n) \right\}. \quad (5)$$

Анализ результатов расчетов показал, что значения коспектров почти повсеместно превышают значение квадратурных спектров. И те, и другие указывают на то, что большая доля ковариации сосредоточена на низких частотах, т.е. основной вклад во взаимосвязь между характеристиками крупномасштабных циркуляционных процессов и урожайностью яровой пшеницы в Казахстане вносят длиннопериодные колебания.

Для решения поставленной задачи целесообразно использовать не сами значения $S_k^{(1,2)}$ и $S_k^{(2,1)}$, а их производные - коэффициенты когерентности

$$R_k^2 = \left([S_k^{(1,2)}]^2 + [S_k^{(2,1)}]^2 \right) / (S_k^{(1)} S_k^{(2)}) \quad (6)$$

и фазовые спектры

$$\varphi_k = \arctg(S_k^{(2,1)} / S_k^{(1,2)}) \quad (7)$$

Первый характеризует тесноту связи двумерного нормального случайного процесса на различных частотных диапазонах, при этом чем ниже уровень "шума" в системе, тем больше коэффициент когерентности, и наоборот. Второй показывает значение угла запаздывания одного ряда относительно другого на различных частотах. При $\varphi_k = 0^0$ между двумя рядами наблюдается прямая связь, а при $\varphi_k = 180^0$ - обратная.

Средняя по Казахстану урожайность яровой пшеницы коррелирует с характеристиками атмосферной циркуляции в основном только в области низкочастотных колебаний. Так, например, урожайность статистически связана с широтным типом циркуляции на флуктуациях 18, 7, 5, 3 и 2 года. Спектр фаз показывает, что из данных связей только вторая - обратная, а остальные - прямые. Наиболее тесные связи между урожайностью и атмосферной циркуляцией типа С наблюдаются на циклических частотах 0,04; 0,10; 0,15; 0,19; 0,23; 0,26; 0,33; 0,36; 0,39; 0,40; 0,44; 0,49, которые соответствуют периодам 25, 11, 5-2 года. Статистически значимые коэффициенты когерентности между урожайностью и меридиональной формой циркуляции типа Е отмечается на колебаниях 18, 7, 5 и 2 года. Обращает внимание, что фазовые диаграммы форм циркуляции С и Е, за исключением начального участка, имеют почти противоположный ход. Это позволяет сделать вывод, что рассматриваемые колебания происходят в противофазах.

Полученные данные позволяют провести оценку вероятности возникновения благоприятных и неблагоприятных по урожайности яровой пшеницы лет до 2020 - 2025 года. Для этого в расчетное

уравнение были включены коэффициенты когерентности, равные или превышающие свои критические значения при принятом пороге доверительной вероятности и числе степеней свободы. Стандартные временные ряды - характеристики крупномасштабных атмосферных процессов и средняя по республике урожайность яровой пшеницы в процентах тренда $U(t)$ связаны между собой уравнением

$$U(t) = a + bx(t) + \varepsilon(t), \quad (8)$$

где a и b - параметры уравнения, не зависящие от времени и определяющие регрессионные соотношения, $\varepsilon(t)$ - случайная компонента.

Данная модель рассчитана на учет не всех возможных временных сдвигов, а только тех, которые кратны 0 или 180° , поэтому значения $x(t)$ и $U(t)$ должны обязательно быть либо в фазе ($b > 0$), либо в противофазе ($b < 0$). Используемый подход имеет целый ряд преимуществ над обычной линейной регрессией, особенно для тех рядов, в которых с изменением частоты существенно меняется отношение между сигналом и шумом. Немаловажное значение имеет и то, что спектральные модели могут использоваться и для анализа рядов с сильной нестационарностью. Кроме того, применение различных численных фильтров позволяет осуществлять корректировку влияния инструментальных частотных характеристик, что в конечном счете повышает качество оценок. К сильным сторонам такого подхода следует отнести то, что при увеличении продолжительности исследуемого периода входные параметры меняются несущественно. Основные положения метода, а также анализ его достоинств и недостатков подробно изложены в работе [14].

Анализ результатов применения модели к оценке влияния глобального повышения температуры воздуха на урожайность яровой пшеницы в Северном Казахстане позволил сделать целый ряд выводов. Так, исходя из предположений неизменности структуры посевных площадей, можно с большой уверенностью считать, что в ближайшие 30-35 лет снижение урожайности яровой пшеницы в Северном Казахстане за счет глобального повышения температуры маловероятно. Более того, после 2010 года даже намечается некоторое увеличение урожайности, связанное с оптимизацией температурно-влажностных условий на севере Казахстана. В работах не учитывалось непосредственное влияние углекислого газа на урожайность, хотя, как известно [4], увеличение концентраций CO_2 приводит к росту фотосинтеза у яровой пшеницы.

Что же касается влияния глобального повышения температуры воздуха на условия произрастания естественной растительности, то на крайнем юге Казахстана они изменятся к худшему. При этом, количество биомассы даже увеличится, а ее продуктивность значительно ухудшится. Естественные изменения климата могут усиливаться антропогенными процессами и тем самым способствовать увеличению

скорости перемещения климатических зон и ускорению смены одних видов растительности другими. Впечатляющие примеры этого приведены в работе [4]. Авторами показано, что повышение глобальной температуры вызовет в приполярных районах полное исчезновение бореальных лесов, сместит границы вечной мерзлоты, а также трансформирует интенсивность и направленность процессов в верхнем слое почвы. С другой стороны, анализируя тренды температуры в засушливых районах мира М. Хальме [24] отметил, что несмотря на то, что потепление отмечалось во всех регионах, только климат Африканской Сахели стал суше. Это лишний раз подтверждает как сложность рассматриваемой проблемы, так и неоднозначность трактовки результатов исследований.

С другой стороны, нам представляется, что влияние потепления климата на сельскохозяйственное производство и иные природоёмкие отрасли сильно переоценено. Это характерно для всех проблем, которые анализируются односторонне. Потепление климата, помимо чисто негативных сторон, повлечет за собой увеличение продолжительности теплого и безморозного периодов в умеренных широтах, сдвиг дат ранних осенних и поздних весенних заморозков и тому подобное, что благоприятно скажется на производстве сельскохозяйственной продукции в целом [10, 19]. На самом деле рост глобальной температуры воздуха за счет увеличения в атмосфере парниковых газов, а также, видимо, и за счет влияния чисто природных факторов, увеличил энергетику атмосферы, что проявилось в росте скорости перемещения воздушных масс. Однако в дальнейшем, когда в полной мере заработает система обратной связи, рост глобальной температуры замедлится и, по-видимому, вообще прекратится. Что же касается возросшего теплового потенциала атмосферы, то эта энергия, согласно [8], довольно быстро переходит в другие виды энергии, в частности кинетическую, и диссипируется. Поэтому прогнозные оценки повышения температуры северного полушария за счет увеличения в атмосфере парниковых газов, приведенные на середину следующего столетия в работах [20, 21], нам представляются сильно завышенными.

Изложенные здесь результаты влияния глобального потепления на урожайность яровой пшеницы следует считать предварительными. Работы данного направления нужно продолжать и развивать, обращая при этом особое внимание на оценку достоверности полученных результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов О.А., Нельсон Ф.Э. Влияние изменения климата на вечную мерзлоту в Северном полушарии // Метеорология и гидрология. - 1997. - № 5. - С. 71-80.
2. Антропогенные изменения климата / И.Н. Борзенкова, М.И. Будыко, Э.К. Бютнер и др. - Л. : Гидрометеиздат, 1987. - 407 с.

3. Будыко М.И., Ронов А.Б., Яншин А.Л. История атмосферы. - Л.: Гидрометеоздат, 1985. - 208 с.
4. Колебания климата за последнее тысячелетие / А.А. Абрамова, Т.Т. Битвинскас, Е.П. Борисенков и др. - Л.: Гидрометеоздат, 1988. - 408 с.
5. Кендалл М.Дж., Стюарт Л. Многомерный статистический анализ и временные ряды. - М.: Наука, 1976. - 736 с.
6. Монокрович Э.И., Тулина Л.П., Чичасов Г.Н. О проблеме адаптации народного хозяйства Казахстана и изменения климата // Вестн. АН КазССР. - 1990. - № 10. - С. 44-51.
7. Об исследовании влияния глобального потепления на природные ресурсы и экономику Казахстана и действиях по смягчению негативного последствия возможных изменений климата / И.Б. Есеркеева, О.В. Пилифосова, Г.Н. Чичасов, А.М. Шамен // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 2. - С. 58-75.
8. Пальмен Э., Ньютон Ч. Циркуляционные системы атмосферы. - Л.: Гидрометеоздат, 1973. - 611 с.
9. Парниковый эффект, изменение климата и экосистемы / Под ред: Б. Болина. - Л.: Гидрометеоздат, 1989. - 557 с.
10. Предстоящие изменения климата. Совместный советско-американский отчет о климате и его изменениях / Под ред. М.И. Будыко, Ю.А. Израэля, М.С. Маккракена, А.Д. Хекта. - Л.: Гидрометеоздат, 1991. - 227 с.
11. Утешев А.С. Атмосферные засухи и их влияние на природные явления. - Алма-Ата: Наука, 1972. - 176 с.
12. Федоров Е.К. Погода и урожай. - Л.: Гидрометеоздат, 1973. - 57 с.
13. Чичасов Г.Н. О пространственно-временной структуре крупных аномалий термического режима в Казахстане // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. - 1987. - Вып. 96. - С. 47-63.
14. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. - СПб.: Гидрометиздат, 1991. - 304 с.
15. Чичасов Г.Н. Численные методы обработки и анализа информации. - Алматы: 1995. - 108 с.
16. Шамен А.М. Гидрометеорология и мониторинг природной среды Казахстана. - Алматы: Галым, 1996. - 295 с.
17. Шамен А.М. Об исследовании засушливых явлений в Казахстане // Гидрометеорология и экология. - 1997. - № 2. - С. 39-56.
18. Шаменов А.М. Об актуальных проблемах агрометеорологии Казахстана // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 4. - С. 60-75.
19. Шаменов А.М., Кожаметов П.Ж., Власенко Е.Ф. О распределении числа невыпасных суток для овец зимой в Восточном Приаралье // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 2. - С. 78-90.
20. Bridges E., Batjes N. gaseous emissions and global climatic change // Geography. - 1996. - Vol. 81, № 2. - P. 155-169.

21. Climate response to increasing levels of greenhouse gases and sulphate aerosols / J.F. Mitchell, T.C. Johus, J.M. Gregogy, S.F. Tett // *Natur.* - 1995. - Vol. 376, № 6540. - P. 501- 504.
22. Harris S.A. Lang-term air and ground temperature records from the Canadian Cordillera and the probable effects of moisture changes // *Proceedings fifth Canadian permafrost conference, Collektion Nordicanas, Univerisite haval.* - 1990. - № 54. - P. 151-157.
23. Hingane L. Is a signatur of socio-economic impact written on the climate? // *Clim. change.* - 1996. - Vol. 32, № 1. - P. 91-102.
24. Hulme M. Recent climatic change in the worlds drylands // *Geophys. Res. Lett.* - 1966. - Vol. 23, № 1. - P. 61-64.
25. Jiankun H., Aling Z., Yong Y. Tecnology options for CO₂ mitigation in Chine // *AMBIO.* - 1996. - Vol. 25, № 4. - P. 249-253.
26. Kauppi P. The united nations climate convektion: Unattainable or irrelevant // *Sciense.* - 1995. - Vol. 270, № 5241. - P. 14-54.
27. Smit B., Ne Nabb D., Smithers J. Agricultural adaptation to climatic variation // *Clim. change.* - 1996. - Vol.33, № 1. - P. 7 - 29.
28. Tans P.P. Climate change and carbon dioxide Forever // *AMBIO.* - 1995. - Vol. 24, № 6. - P. 376 - 378.
29. Vulnerability and Adaptation Assessment for Kazakstan. / O.V. Pilifosova, I.B.Eserkepova, S.V.Mizina, G.N. Chichasov et. al. / Joel B. Smith et. al. (Ed.) // *Vulnerability and adaptation to climate change. A synthesis of results from the US Counry Studies Program, 1996.* - P. 161-181.
30. Williamson A.G. Same speculation on atmoshperic carbon dioxide control // *Chem. N.Z.* - 1995. - Vol. 82, № 11. - P. 62-66.
31. White R. Climate science and national interests // *Issues Sci. and Tehnol.* - 1996. - Vol. 13, № 1. - P. 33-38.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

Агентство по гидрометеорологии и мониторингу природной
среды Минэкобиоресурсов Республики Казахстан

КЛИМАТТЫҢ ҰЗАҚ КЕЗЕНДІК ӨЗГЕРУІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚАЗАҚСТАННЫҢ АСТЫҚ ШАРУАШЫЛЫҒЫНА ӘСЕРІ

Геогр. ғ. докторы Г.Н. Чичасов
Экон. ғ. канд. А.М. Шөмен

Өткен жүзжылдықтың соңында басталған ауа температурасының жалпы өсуі осы уақытқа дейін созылуда. Атмосфераның солтүстік жарты шарында ендік процесстің қайталануының көбеюіне қарамастан соңғы онжылдықтардың климаттық ережесі экстремальды оқиғалардың өте жиіленуі арқылы сипатталуды. Қазақстандағы жаздық бидай өніміне ауа температурасының жалпы жоғарылауының тигізетін ықпалына баға берілген. Жақын арадағы онжылдықтарда осы себеп астық өнімін айтарлықтай төмендетпейтіні көрсетілген.

УДК 551.583:631.458(574)

ОЦЕНКА ВКЛАДА ОЖИДАЕМОГО ПОТЕПЛЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА В РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССОВ ОПУСТЫНИВАНИЯ В КАЗАХСТАНЕ

С. А. Долгих

Канд. геогр. наук И. Б. Есеркепова

Канд. экон. наук А. М. Шамен

Приводится оценка изменения условий увлажнения в Казахстане и его роли в процессах опустынивания при ожидаемом потеплении глобального климата. В качестве характеристик потенциального изменения регионального климата использовались результаты численных экспериментов по моделям общей циркуляции атмосферы (ОЦА).

По физико-географическому районированию равнинная часть территории Казахстана находится в четырех ландшафтных зонах умеренного пояса: от лесостепной на самом севере региона до пустынной, которая занимает почти половину площади республики. Климат Казахстана характеризуется крайней засушливостью. Поэтому для Казахстана даже при современных климатических условиях весьма актуальны все проблемы, поднятые в конвенциях ООН по опустыниванию, биологическому разнообразию и изменению климата. Опустынивание и сопровождающая его деградация почв могут являться как результатом непосредственного антропогенного воздействия на экосистемы, например, из-за неправильного землепользования, так и неблагоприятных изменений климата. Целью данной работы была оценка вклада потенциального изменения климата в развитие процессов опустынивания региона. Исследования режима температуры воздуха за прошедший столетний период выявили наличие устойчивой тенденции к росту средней месячной температуры воздуха по всей территории Казахстана, величина которой составила до $0,2^{\circ}\text{C}$ за 10 лет [3]. Существенных изменений в количестве осадков не произошло. Сравнение норм за два тридцатилетних периода (1931-1960 гг. и 1961-1990 гг.) показало, что в северных и северо-западных районах, относящихся, в основном, к степной и лесостепной ландшафтным зонам, годовые суммы осадков несколько увеличились за счет осадков холодного периода. На остальной, более значительной части территории, осадки уменьшились. За последнее десятилетие в Казахстане наблюдалось несколько аномально теплых лет. Наиболее теплым и к тому же аномально сухим был 1995 г.

Представленные в [4] сценарии изменения регионального климата по различным моделям ОЦА едины в том, что температура будет продолжать расти, причем значительно. В зависимости от сценария, ожидаемое повышение температуры при удвоении концентрации CO_2 в атмосфере лежит в пределах от 4,5 до 6,9 $^{\circ}\text{C}$. Что касается осадков, то одни сценарии прогнозируют их уменьшение (на 12 %), другие - увеличение (на 7-28 %), третьи показывают, что количество осадков может остаться неизменным.

Для равнинной территории Казахстана было проведено районирование по условиям увлажнения поверхности почвы. Это позволяет, учитывая тесную генетическую взаимосвязь условий увлажнения с ландшафтными зонами, определить и возможные изменения растительного покрова. В данной работе условия увлажнения характеризовались коэффициентом увлажнения $K_{\text{ув}}$ [2]:

$$K_{\text{ув}} = \frac{R}{E_0},$$

где R - средняя годовая сумма осадков, мм; E_0 - испаряемость за год, мм. Для расчета испаряемости использована формула Тюрка, оценка точности которой и результаты практического применения приведены в [5],

$$E_0 = 300 + 25T + 0,05T^3,$$

где T - средняя многолетняя годовая температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

Классификация климатических зон увлажнения, согласно [6], для средних широт северного полушария представлена в табл. 1.

Таблица 1

Классификация зон увлажнения

Коэффициент увлажнения	Зона увлажнения
< 0,05	Сверхзасушливая
0,05-0,20	Засушливая
0,20-0,45	Полузасушливая
0,45-0,70	Сухая слабовлажная
0,70-1,00	Недостаточно влажная
1,00-2,00	Влажная
>2,00	Избыточно влажная

Регионы, где значения коэффициента увлажнения относятся к первой градации, являются собственно климатическими пустынями.

Районирование по зонам увлажнения для современных климатических условий проводилось на основе данных за период 1951-1980 гг., когда глобальное потепление проявилось не столь ярко, тогда как 80-е годы содержали ряд экстремально теплых лет.

Относительно этого же периода рассматриваются величины изменения характеристик климата, рассчитанные по моделям ОЦА. Анализ условий увлажнения проводился только для равнинной территории Казахстана, включая Казахский мелкосопочник. Из анализа исключены горные и предгорные районы, расположенные на юго-востоке и юге региона, так как модели ОЦА имеют довольно грубое пространственное разрешение и не могут учесть вертикальную поясность зон в горной местности.

Равнинная территория региона в условиях современного климата включает три зоны увлажнения (рис.): полусухую, сухую слабовлажную и недостаточно влажную. В пространственной дифференциации выделенных зон довольно четко прослеживается географическая (широтная) зональность, которая нарушается сложным характером рельефа: возвышенными равнинами и плато, мелкосопочником. Полусухая зона ($K_{ув} = 0,20-0,45$) занимает южную половину Казахстана. Ее северная граница проходит примерно по широте 46° , захватывая Прикаспийскую и Туранскую низменности и огибая с юга горы Мугоджары и Казахский мелкосопочник. Границы полусухой и пустынной ландшафтной зон умеренного пояса примерно совпадают. Зона слабого увлажнения ($0,45-0,70$) расположена относительно узкой полосой севернее и включает полупустынную ландшафтную зону. Территория к северу от нее находится в зоне недостаточного увлажнения ($0,70-1,00$) и соответствует степной зоне. И только на крайнем севере республики в лесостепной ландшафтной зоне коэффициент увлажнения несколько выше единицы. Если взять за основу принятое на конференции ООН по Окружающей Среде и Развитию в июне 1992 г. [7] определение процесса опустынивания как процесса экологической деградации почв в засушливых, полусухих и слабовлажных зонах, то территория Казахстана южнее 50° с. ш., что составляет примерно две трети ее, попадает под это определение.

Большинство экосистем имеет «встроенную» способность глушить воздействия климатической изменчивости. Что касается экосистем засушливых и полусухих зон, то здесь даже самые незначительные изменения климата могут привести к необратимым последствиям для растительных сообществ. То есть засушливые и полусухие зоны могут оказаться в числе первых регионов, в которых при изменении климата будет меняться и динамика экосистем. Как показано в [1] и других работах, происходит опустынивание не только полупустынных ландшафтов региона, но и степной слабовлажной зоны, основной житницы республики. Здесь проявляются многие признаки аридизации, в основном антропогенного характера. Сочетание неблагоприятных изменений климата, прогнозируемых для территории Казахстана, и антропогенного давления может значительно ускорить процесс опустынивания уже в ближайшем будущем.

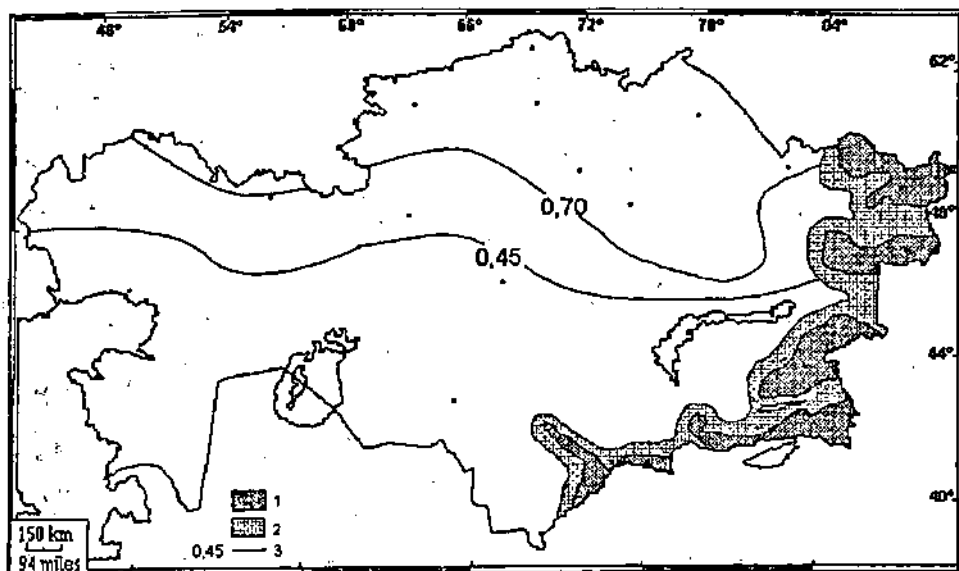


Рис. Схема границ зон увлажнения на территории Казахстана при современных климатических условиях: 1 - горные районы; 2 - предгорные районы; 3 - изолинии $K_{ув}$.

Для оценки возможного смещения границ зон увлажнения использовались сценарии изменения температуры воздуха и сумм осадков на период удвоения концентрации CO_2 в атмосфере по пяти зарубежным моделям ОЦА (GFDL, GISS, UKMO, CCC и GFDL-T), которые подробно описаны в [4].

Основным выводом проведенного анализа является то, что все модели предсказывают ухудшение условий увлажнения региона. Наименее неблагоприятный сценарий из всех рассмотренных дает модель GISS. Границы зон увлажнения полусухой (0,45) и сухой слабовлажной (0,70) будут сдвинуты к северу в среднем на 30-40 км. Площадь земель с коэффициентом увлажнения выше 0,70, т.е. земель, где при современном уровне технологии выращивают зерновые в Казахстане, сократится на 6%. Часть Кызылординской области окажется в условиях засушливой зоны, где значение коэффициентов увлажнения будет около 0,19. Самый "сухой" сценарий получен по модели UKMO. По этой модели, территория региона будет находиться в трех зонах увлажнения. Большая ее часть, относившейся к полусухой зоне, окажется в условиях засушливой зоны, которой не было при климатических условиях периода 1951-1980 гг. Северная граница этой зоны (0,20) пройдет примерно вдоль широты 46° . Северная граница полусухой зоны (0,45) сместится к северу на 400 км, так что на месте зоны слабовлажной и на части территории недостаточно влажной будет

полузасушливая зона. Часть региона севернее попадает в слабовлажную зону, недостаточно влажная зона будет проходить севернее, за пределами региона. Модель СССР дает сходный с моделью UKMO сценарий, но менее "сухой". Самые северные районы региона остаются в условиях недостаточно влажной зоны, полузасушливая зона занимает несколько меньшую территорию, чем по модели UKMO. Сценарий по модели GFDL-T еще менее "сухой". Хотя южные районы региона, по этой модели, займет засушливая зона, но площадь, занимаемая этой зоной, будет меньше, чем по моделям UKMO и СССР. Северные границы полузасушливой и слабовлажной зон сместятся к северу на 150-200 и более километров, так что площадь, занимаемая зоной недостаточного увлажнения, сократится примерно втрое в сравнении с фактической. По модели GFDL, по сравнению с климатическими условиями периода 1951-1980 гг. площадь полузасушливой зоны увлажнения увеличится примерно на 10 %, а площадь зоны недостаточного увлажнения уменьшится на 20 %.

В табл. 2 дано соотношение в процентах площадей зон увлажнения равнинной территории региона при климатических условиях периода 1951-1980 гг. и прогнозируемых по различным моделям ОЦА к моменту удвоения концентрации CO_2 в атмосфере. Учитывая площади различных зон увлажнения при прогнозируемом изменении регионального климата, модели можно выстроить в следующем порядке: менее неблагоприятный - GISS, затем GFDL, GFDL-T, СССР и самый неблагоприятный - UKMO. По модели GISS уязвимыми с точки зрения возможного опустынивания будут около 80 % площади равнинной территории и вся территория по модели UKMO. Увеличение площади территории с засушливым климатом ($K_{\text{ув}} < 0,45$) составит по различным сценариям от 4,2 % (GISS) до 31,2 % (UKMO). Таким образом, при ожидаемом потеплении глобального климата по всем пяти рассмотренным сценариям моделей ОЦА в Казахстане ожидается ухудшение условий увлажнения. Следовательно, ожидаемое глобальное потепление дополнительно создаст условия для развития процессов опустынивания за счет неблагоприятного воздействия климатического фактора.

В силу того, что модели чувствительны только к значительному изменению содержания CO_2 в атмосфере, предполагаемый существенный рост средней годовой температуры воздуха в Казахстане (примерно на $4,5^\circ\text{C}$ и выше) представляет собой довольно отдаленную перспективу. Анализ произвольных сценариев (сочетания различных значений изменения температуры и осадков) позволяет предположить, что для сохранения современных условий увлажнения региона необходимо, чтобы рост температуры на $2-3^\circ\text{C}$ компенсировался увеличением количества осадков примерно на 20 %.

Соотношение площадей зон увлажнения равнинной территории Казахстана при климатических условиях периода 1951-1980 гг. и прогнозируемых по различным моделям ОЦА в процентах на момент удвоения концентрации CO_2 в атмосфере

Зона увлажнения	1951-1980 гг.	GFDL	GISS	UKMO	CCC	GFDL-T
Засушливая	-	-	4,9	37,8	34,5	22,1
Полузасушливая	48,9	58,8	48,2	42,3	40,3	38,2
Сухая слабо-влажная	23,5	33,8	25,2	19,9	20,6	29,5
Недостаточно влажная	27,6	7,4	21,7	-	4,6	10,2

В целом очень трудно оценить, какие регионы "выиграют", какие "проиграют" при том или ином изменении климата. Так, если согласно более "влажным" сценариям для засушливых районов в них увеличится количество осадков, то этот, казалось бы, благоприятный фактор может сыграть и отрицательную роль, так как земли с бедным растительным покровом будут подвержены активной эрозии почв и усилению выноса питательных веществ. Приведенные в данной работе результаты используются для оценки последствий изменения климата в природоёмких отраслях экономики Казахстана и разработки адаптационной политики, в первую очередь, в сельском хозяйстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельгибаев М.Е. Диагностические показатели аридизации и опустынивания семиаридной зоны Казахстана // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 2. - С. 175-201.
2. Владыченский С.А. Сельскохозяйственная мелиорация почв. - М.: Изд-во МГУ, 1972. - 398 с.
3. Долгих С.А. О многолетних тенденциях термического режима на территории Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 3. - С. 68-77.
4. Долгих С.А., Пилифосова О.В. О методах оценки ожидаемых изменений глобального климата и сценарии изменения климата Казахстана. // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 4. - С. 94-109.
5. Константинов А.Р., Астахова Н.И., Левенко А.А. Методы расчета испарения с сельскохозяйственных полей. - Л.: Гидрометеоиздат, 1971. - 126 с.

6. Dregne H.E. Desertification of Arid Lands. - New York: Harwood Academy, 1983. - 242 p.
7. Hulme M., Kelly M. Exploring the links between desertification and climate change // Environment. - 1993. - № 35. - P. 4-19.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ҚАЗАҚСТАНДА ҚҰРҒАҚШЫЛЫҚ ПРОЦЕССИНІҢ ӨРКЕНДЕУІНЕ БОЛАШАҚТАҒЫ КЛИМАТТЫҢ ЖАЛПЫ ЖЫЛЫНУ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

С.А. Долгих

Геогр. ф. канд. И.Б. Есеркепова

Экон. ф. канд. А.М. Шөмен

Болашақта күтілген климаттың жалпы жылынуы кезінде Қазақстандағы ылғалдану жағдайының өзгеруі мен оның құрғақшылық процессіне әсер ету бағасы келтірілген. Климаттың аймақтық потенциалды өзгеруін сипаттау үшін атмосфераның жалпы айналым үлгісінің санды экспериментті қорытындысы пайдаланылды.

УДК 663.1:551.58(574)

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ
ЗЕРНОВОГО ХОЗЯЙСТВА КАЗАХСТАНА С УЧЕТОМ
ВОЗМОЖНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

Академик МН-АН Э.Ф. Госсен
Канд. геогр. наук С.В. Мизина
Joel B. Smith

Рассматриваются возможные мероприятия по адаптации зернового хозяйства Казахстана к неблагоприятным изменениям климата. Предварительно оценен потенциал снижения отрицательного воздействия глобального потепления на выращивание пшеницы на территории республики.

За последние 50 лет зерновое хозяйство Казахстана претерпело ряд крупных аграрно-экономических сдвигов. Надвигающееся глобальное потепление может привести к еще одному такому изменению. Напомним основные периоды развития зернового комплекса республики, основные показатели по которым сведены в табл. 1.

Первый период (1954-1964 гг.) - освоение целинных и залежных земель. В степной и сухостепной зоне Евразийского континента было распахано 42 млн га новых земель, в том числе в Казахстане 18 млн га. Посевные площади зерновых культур увеличились с 7 млн га до освоения целины до 24,6 млн га - после освоения. Урожайность повысилась соответственно с 5,6 ц/га до 7,0 ц/га, а валовые сборы зерна - с 3,9 до 17,2 млн т, т.е. шло экстенсивное использование земель за счет естественного плодородия почв. В этот период теоретической предпосылкой распашки целинных земель явилось учение о травопольной системе земледелия В.Р. Вильямса, основанное на обработке почвы плугом с оборотом пласта. Огромные площади пашни оставались без растительности в осенне-зимний и ранневесенний периоды, что привело к расплыванию верхнего слоя почвы и возникновению ветровой эрозии.

Второй период (1965-1986 гг.) характеризуется разработкой и началом освоения почвозащитного земледелия. Урожайность повысилась до 8,9 ц/га, а валовые сборы - до 21,2 ц/га. Анализ мировой и отечественной литературы позволил ученым Всесоюзного, ныне Казахского НИИ зернового хозяйства имени академика А.И. Бараева разработать комплексную программу исследований по защите почв от ветровой эрозии, научно обосновать агротехнические требования к комплексу противоэрозионной техники для широкомасштабного внедрения почвозащитной системы земледелия.

В 1976-1986 гг. стабилизировались посевные площади и почво-защитные приемы возделывания зерновых культур. В результате оснащения сельского хозяйства новой техникой объемы внедрения плоскорезной обработки к 1986 г. составили в степной зоне страны 61,4 млн га, а в Казахстане 22,2 млн га, сев стерневыми сеялками производился на площади 43,3 млн га, в том числе по Казахстану 23,2 млн га. Ветровая эрозия почвы была полностью предотвращена, валовые сборы зерна повысились с 17,2 до 24 млн т, урожайность возросла до 9,6 ц/га.

Третий период (1986-1990 гг.) характеризуется началом внедрения интенсивной технологии возделывания зерновых культур с использованием минеральных удобрений, новых сортов яровой пшеницы и средств защиты растений, что способствовало сохранению средней урожайности по Казахстану на уровне 9-10 ц/га. С 1986 г. ежегодно площади с интенсивными технологиями достигали 5-6 млн га, урожайность зерновых возросла до 10,0 ц/га и более.

Дальнейшая стратегия устойчивого производства зерна была разработана Казахской академией сельскохозяйственных наук, ныне Национальным Академическим центром аграрных исследований Министерства Науки - Академии Наук Республики Казахстан. Кабинетом Министров Республики Казахстан в 1993 г. одобрена "Концептуальная программа развития Агропромышленного комплекса на 1993-1995 гг. и до 2000 года", явившаяся основой качественно новой аграрной политики на предстоящие годы. В ней предусмотрены варианты эффективного размещения и структуры посевных площадей основных сельскохозяйственных культур по зонам страны с учетом биоклиматического потенциала и экономических требований. "Концепцией" предусматривается поэтапное сокращение площадей посева за счет исключения из пашни менее плодородных почв, а на лучших землях зернового пояса республики сохранения валовых сборов зерна в пределах 20-25 млн т. Это планируется осуществить за счет основных факторов интенсификации: применения минеральных удобрений и средств защиты растений; внедрения новых сортов; соблюдения научно-обоснованных почво- и водоресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур.

Четвертый период (1991-1996 гг.) необходимо рассматривать с учетом глубокого экономического кризиса и катастрофического спада объемов интенсификации; невостребованности научной концепции развития АПК в целом. Из необходимых общих объемов интенсификации в 24 млн га зерновых культур в 1992 г. интенсивная технология применялась всего на площади 6 млн га. Урожайность, к сожалению, за три последних года снизилась до уровня 6,5 ц/га. Ныне нарушены севообороты и система семеноводства зерновых культур. Паровые поля обрабатываются по примитивной технологии, не проводится снегозадержание, осенняя обработка почвы осуществляется менее чем на одной трети необходимой площади.

Посевная площадь, урожайность и валовой сбор зерна в Казахстане в 1946-1996 гг.

Аграрно-экономические периоды, годы	Посевная площадь, млн га	Почвозащитная обработка, млн га	Урожайность, ц/га	Прирост урожайности, ц/га	Валовой сбор зерна, млн т	Прирост валового сбора, млн т	Заготовки, млн т
До освоения целины, 1946-1954	7,0	0,0	5,6	-	3,9	-	1,7
После освоения целины, 1954-1964	24,6	6,9	7,0	1,4	17,2	13,3	7,7
При освоении почвозащитного земледелия по периодам:							
1965-1975	23,8	15,3	8,9	1,9	21,2	4,0	12,2
1976-1985	25,3	22,0	9,6	0,7	24,3	3,1	14,4
Период интенсификации 1986-1990	24,1	22,6	10,0	0,6	24,1	-0,2	10,5
Спад интенсификации: 1991-1993	22,2	22,0	9,4	-0,8	21,7	-2,4	7,6
1994	18,9	8,7	7,9	-1,5	16,4	-5,3	4,1
1995	18,9*	4,6	5,0	-2,9	9,5	-6,9	0,8
1996	17,2	5,1	6,5	1,5	11,2	1,7	-
Среднее за 1994-1996	18,3	6,1	6,5	-2,9	12,4	-9,3	-

* - уборочная площадь составляла 16,2 млн га

Удобрения под зерновые культуры не вносятся, химические приемы борьбы с сорняками, вредителями и болезнями сведены до минимума, техника изношена, горюче-смазочных материалов не хватает. Засоренность такими сорняками, как польнь, осот, овсюг, пырей, острец, курай и щетинник увеличивается, что является верным признаком низкой культуры земледелия.

Как показано в работах [3, 5], возможное изменение климата под влиянием парникового эффекта вероятнее всего окажет неблагоприятное воздействие на условия выращивания пшеницы. В табл. 2 приведено изменение по месяцам температурно-влажностного режима по сценариям GFDL и UKMO.

Таблица 2

Изменение температурно-влажностного режима на территории Казахстана по сценариям изменения климата GFDL и UKMO

Месяц	Изменение температуры, °С		Изменение осадков, % среднего многолетнего значения	
	GFDL	UKMO	GFDL	UKMO
1	3,3	6,7	118,1	124,2
2	3,6	6,4	112,1	124,7
3	6,3	6,6	96,6	106,2
4	6,1	6,6	81,5	87,2
5	4,9	6,6	92,9	85,0
6	5,1	7,1	138,4	56,3
7	5,8	8,5	168,3	48,1
8	5,9	7,9	188,6	27,0
9	5,5	6,7	127,8	62,4
10	5,1	6,7	156,5	75,2
11	4,7	5,2	109,8	102,9
12	2,8	7,9	98,0	156,1
Год	4,9	6,9	124,1	88,0

Для Казахстана GFDL - это наиболее вероятный, а UKMO - экстремально сухой сценарии изменения климата. Модель GFDL - равновесная спектральная модель глобальной циркуляции 3-го поколения была рассчитана в Геофизической лаборатории динамики жидкости (США, 1989). В эту модель включен квазиоднородный слой перемешивания океана глубиной 68 м. Модель UKMO - равновесная модель Метеорологического агентства Соединенного Королевства, содержит 50-метровый океанский слой и учитывает суточный ход. Модель 11-ти уровневая. Совершенно очевидно, что по обоим сценариям произойдет ухудшение климатических условий для выращивания пшеницы, разница лишь в степени этого ухудшения. В работе [3] приводятся результаты моделирования урожайности пшеницы при возможном изменении климатических условий на территории Северного Казахстана.

Получено, что урожайность может уменьшиться до 70 % по сравнению со средней многолетней за период 1950-1980 гг. Если вспомнить о положении дел в сельском хозяйстве страны в последние годы, то картина получается удручающая.

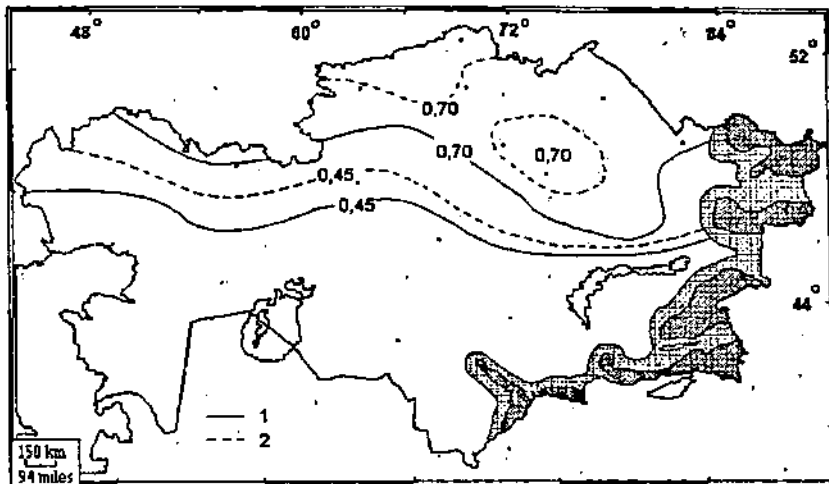
Но и это еще не все. Отрицательное воздействие будет обусловлено как ухудшением климатических условий на засеваемых землях, так и уменьшением площадей пригодных для выращивания пшеницы. В работе [1] дан метод для расчета границы зон увлажнения и приведена градация для определения типов таких зон. На территории Казахстана пригодной для производства зерна является недостаточно влажная зона, где коэффициент увлажнения $K_{ув}$, характеризующийся отношением суммы осадков к испаряемости [1], изменяется от 0,45 до 1,00. На рис. 1 а, б, приводится смещение границ зон увлажнения по указанным выше сценариям. При выбранных сценариях произойдет сдвиг зоны возделывания яровой пшеницы в направлении северных широт, что приведет к уменьшению засеваемых площадей на территории Казахстана.

Производство зерна является важной отраслью экономики страны и составляет значительную долю в питании населения и производстве кормов. Поэтому нельзя оставлять без внимания возможный ущерб, который изменения климата могут принести Казахстану в этой области. Даже если совместными усилиями мирового сообщества удастся стабилизировать концентрацию парниковых газов в атмосфере, некоторых изменений климата избежать не удастся, более того, ощутимое влияние парникового эффекта наблюдается уже в настоящее время. Однако в наших силах если не полностью погасить, то, по крайней мере, смягчить его отрицательное воздействие, а для этого предусмотреть выполнение некоторых мероприятий, называемых адаптационными или адаптивными [6]. Другими словами, дальнейшую стратегию развития зернового хозяйства республики необходимо разрабатывать с учетом адаптации к возможным изменениям климата, которая может быть выполнена для предупреждения будущих изменений или в ответ на уже произошедшие.

Авторами разработан список возможных адаптационных мероприятий, наиболее приоритетные из которых будут включены в Национальный план действий по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК). Рассмотрим сначала так называемые ответные меры.

Прежде всего возможные изменения климата потребуют подбора определенных сортов пшеницы по группам скороспелости. Аграрная наука и практика располагает такими данными [4]. В табл. 3 приведена урожайность сортов различного типа в условиях неполивного и орошаемого фона в зоне южных карбонатных черноземов (Шортандинский ключевой участок, $51^{\circ} 30'$ и $51^{\circ} 50'$ с.ш. и $70^{\circ} 30'$ и $71^{\circ} 45'$ в.д.).

a)



б)

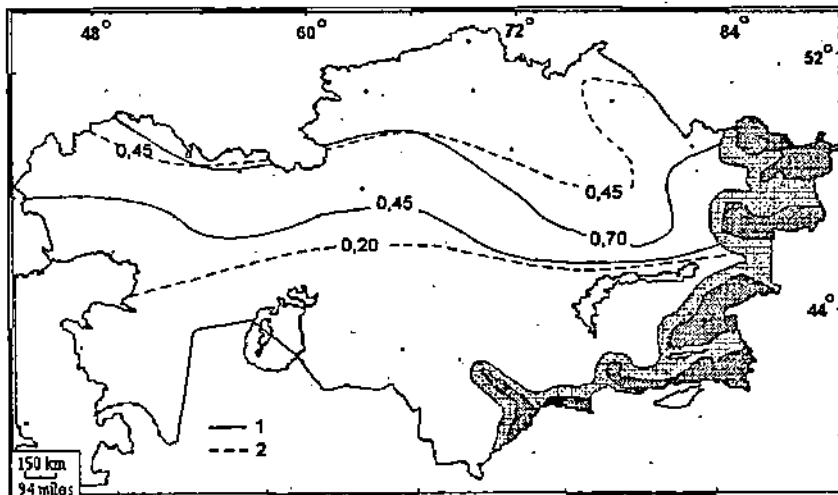


Рис.1. Схема смещения границ зон увлажнения на территории Казахстана при изменении климата по сценариям: а) - GFDL б) - UKMO; 1 - изолинии $K_{ув}$ при современном климате; 2 - изолинии $K_{ув}$ при изменении климата.

Существующие сорта пшеницы по группам скороспелости, средние за 1978-1979 гг.

Номер и название группы по скороспелости	Вегетационный период, сутки	Орошение		Богара	
		Количество сортов	Урожайность, ц/га	Количество сортов	Урожайность, ц/га
1. Скороспелые	76-80	37	20,6	27	18,5
2. Раннеспелые	81-85	46	22,6	41	24,0
3. Среднеспелые	86-90	82	26,8	38	25,7
4. Среднепоздние	91-95	56	30,5	14	30,1
5. Позднеспелые	96-100	13	32,0	10	31,3
6. Позднеспелые	101-105	9	32,4	-	-

Рассматривая слабовлажную и недостаточно влажную зоны, следует отметить, что по степени и формам уязвимости они несколько отличаются. Существенные отличия могут наблюдаться и в зависимости от сценария, по которому будут развиваться события (см. табл.2).

Перечень ответных адаптационных агробиологических, хозяйственных мероприятий и их эффективность при различных сценариях изменения климата приведены в табл. 4. Мероприятия рассмотрены отдельно по каждой зоне увлажнения. Кроме того, необходимо учитывать, что следует планомерно выводить из пашни земли с низкой урожайностью, где производство зерна будет заведомо нерентабельным, и одновременно интенсифицировать выращивание пшеницы на наиболее плодородных землях.

Результаты расчетов, принятые Концептуальной программой, показывают, что посевные площади зерновых культур с 22,7 млн га можно снизить до 16-18 млн га при современных климатических условиях. При полной интенсификации (пары, пестициды, семена новых сортов) валовые сборы зерна можно стабилизировать на уровне 20-25 млн га, то есть не ниже, чем на ранее засеваемых площадях со слабой интенсификацией (табл. 5). Урожайность за счет интенсификации может возрасти до 14,2 ц/га. Учитывая, что расчетная себестоимость производства одной тонны зерна на настоящий момент составляет 115 долларов, чистый доход с 1 га составит около 57 долларов. Нормативы прироста урожайности, расчета валового сбора зерна за счет факторов интенсификации и их экономическая оценка даются в приложениях [2]. Учитывая, что изменение климата приведет, видимо к уменьшению площадей, пригодных для выращивания пшеницы, возможно следует предусмотреть еще более существенное сокращение пашни, перевод ее в луго-пастбищные угодья с частичной переориентацией сельского хозяйства Северного Казахстана в сторону скотоводства.

Перечень ответных адаптационных агробиологических, хозяйственных мероприятий
и их эффективность при различных сценариях изменения климата

Зоны увлажнения	Формы уязвимости	Агробиологические мероприятия по адаптации	Эффективность мероприятий по адаптации
Сценарий GDFL			
Слабовлажная	Ухудшение условий увлаженности и температурного режима в период всходы-колошение, атмосферная засуха и ухудшение условий уборки зерновых за счет сдвига летнего максимума осадков.	<p>Применение влагосберегающих технологий:</p> <ul style="list-style-type: none"> - площадь паров 20-25 %; - посев кулис на парах для накопления снега; - внесение минеральных удобрений; - посев сортов яровой пшеницы 3-й группы скороспелости; - увеличение глубины заделки семян на 1,0-1,5 см во влажный слой почвы; - внесение фосфорных удобрений в рядки при посеве; - применение средств защиты растений; - прямая и раздельная уборка яровой пшеницы; - изменение сроков посева яровой пшеницы; - общее снегозадержание (механическое); - посадка леса; - залужение многолетними растениями. 	Дополнительное накопление влаги на 20-25 мм повысит урожайность на 1,5-2,0 ц/га за счет полноты всходов и действий удобрений.

Зоны увлажнения	Формы уязвимости	Агробиологические мероприятия по адаптации	Эффективность мероприятий по адаптации
Недостаточно влажная	Те же формы уязвимости, что и для слабовлажной зоны, но безморозный период сокращается примерно на 4-5 суток.	Основные мероприятия для этой зоны совпадают с предложенными для слабовлажной зоны, но в связи с лучшими почвенными условиями и влагообеспеченностью повышаются нормы внесения удобрений на 10-15 % и нормы высева более интенсивных сортов пшеницы 4-й 5-й групп скороспелости. Процент пара снижается до 16-20.	Ускорение созревания на 4-5 суток. Возможность скашивания в валки в конце восковой спелости.
Сценарий УКМО			
Слабовлажная	Максимум осадков выпадает в осенне-зимние месяцы при отсутствии летнего максимума. Режимы увлажнения и температурный благоприятствуют возделыванию озимой пшеницы.	Основные мероприятия: - замена яровой пшеницы на озимую или рожь; - площадь паров - 20-25 %; - применение азотных удобрений в виде подкормки; - применение средств защиты растений.	Замена яровой пшеницы озимой или рожью позволяет повысить урожайность на 5-7 ц/га. Уборка озимой пшеницы в более ранние сроки, чем яровой, позволяет вести своевременную осеннюю подготовку почв под урожай будущего года (по типу полупара).

Не менее, а может быть даже более важным моментом разработки дальнейшей стратегии развития зернового хозяйства страны, является выявление и анализ возможных мероприятий, упреждающих негативное влияние парникового эффекта. Авторами предложен список таких мер, которые, главным образом, можно отнести к административно-хозяйственным. Ниже приводится краткое описание мероприятий, рекомендуемые организации-исполнители или ведомства и, где это возможно, примерная стоимость осуществления предлагаемых действий.

Информирование населения и, в частности, фермеров через прессу, например, газету «ЭКО», метеорологические и экологические бюллетени, выпуск красочных буклетов, плакатов, телевизионных и радиопередач, пропагандирующих и разъясняющих суть проблем изменения климата. Проведение местных научно-практических семинаров по соблюдению агробιοлогическнх мероприятий по адаптации. Как показал опыт, не только простые фермеры, но даже достаточно образованные слои населения почти не осведомлены об угрозе глобального потепления, не говоря уже о возможном ущербе, который может понести экономика Казахстана в этом случае. Конечно, повышение уровня информированности населения само по себе не приведет к увеличению урожайности, однако формирование общественного мнения может способствовать решению многих административных и финансовых вопросов.

Создание областных и районных консультативных центров для сервисного обслуживания и информирования фермерских и крестьянских хозяйств об наличии семенного материала по сортам и по группам скороспелости. Такое обслуживание могло бы осуществляться на договорных условиях.

Анализ и пропаганда долгосрочных сезонных метеорологических прогнозов. Распространение этих прогнозов на коммерческой основе или в административном порядке способствовало бы определению таких агротехнических параметров, как оптимальные сроки сева, уборка зерновых, уточнение объемов снегозадержания, а, следовательно, и экономия горюче-смазочных материалов (ГСМ) и др. В условиях изменяющегося климата наличие таких прогнозов могло бы принести существенный экономический эффект. Например, в многоснежные зимы площади снегозадержания сокращаются на 2,5-3,0 млн га, что позволяет примерно на 50 % сократить расход ГСМ. А правильно выбранные сроки сева, как показали исследования, могут сохранить дополнительно до 15 % потери урожая вследствие изменения климата.

Посевные площади, урожайность, валовой сбор и баланс зерна по исходному и перспективным вариантам

Вариант	Посевные площади, млн га	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, млн т	Расход, млн т, на					
				семена	продовольствие	натуроплату	фураж	страховой фонд	резерв на экспорт
Исходный	22,7	9,2	20,9	3,0	3,0	1,0	6,0	2,0	5,0
При исключении площадей с урожайностью ниже:									
5 ц/га;	18,3	14,2	26,0	2,8	3,4	1,1	7,5	2,1	9,1
6 ц/га;	16,3	14,9	24,2	2,4	3,4	1,2	7,5	2,0	7,7
7 ц/га.	13,1	16,2	21,2	2,0	3,4	1,3	7,5	2,1	4,9
Дифференцировано по областям исключение площадей с урожайностью ниже:									
6 и 7 ц/га.	17,0	14,4	24,5	2,6	3,4	1,3	7,5	2,1	7,6

Разработка и представление прогнозов появления вредителей и болезней на сельскохозяйственный сезон с целью планирования, заготовки и применения пестицидов. Видимо, при всех сценариях изменения климата следует ожидать повышение в той или иной степени повторяемости появления вредителей и болезней. Крайне необходимо поэтому иметь своевременный и надежный прогноз для проведения необходимых защитных мероприятий. В то же время, наличие такого прогноза позволило бы экономить средства в случае отсутствия необходимости обработки растений.

Поддержка товаропроизводителей в использовании приоритетных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, например применение средств защиты растений, минеральных удобрений. Требуется около 11,8 млн долларов.

Создание по регионам Казахстана центров по сохранению генофонда сортов яровой и озимой пшеницы. Такие центры уже созданы на базе Казахского научно-исследовательского института земледелия им. В. Вильямса (юго-восточный центр) и Казахского научно-исследовательского института зернового хозяйства им. А.И. Бараева (северный центр). Общий объем научно-исследовательских работ по сохранению генофонда в 1997 г. составляет 1,2 млн тенге, однако этого явно недостаточно для поддержания работ на должном уровне. Необходимо обратить особое внимание на обеспечение финансовой и административной поддержки для усиления работы этих центров, поскольку в условиях изменяющегося климата стране будет особенно необходимо поддерживать достаточный фонд уже существующих и новых сортов пшеницы.

Формирование страховых фондов семян в годы с более благоприятными погодными условиями для осуществления посева или пересева в более засушливые годы. Потребность в семенах составляет 2,8 млн т/год, страховой фонд должен составлять 40 % или 1,2 млн т. По предварительным оценкам, стоимость поддержания такого фонда равна 13,8 млн долларов.

Организация страховых фондов продовольствия в благоприятные годы с целью смягчения негативного влияния на нормы питания населения в засушливые годы. Такой фонд должен составлять 2 млн т с примерной себестоимостью 115 долларов за тонну на общую сумму 230 млн долларов.

Выделение средних и долгосрочных кредитов для создания оборотных средств на приобретение техники, новых сортов, ГСМ и пестицидов. На поддержку семеноводства требуется около 68,8 млн долларов.

Уточнение и разработка законодательных актов, учитывающих экономические изменения в аграрном секторе республики. Собственно разработка законодательных актов может быть относительно дешевой, но обеспечение выполнения такого закона может стоить миллионы долларов.

Принятие соответствующих постановлений по установлению закупочных цен на зерно как для внутренних потребностей, так и для экспорта. Примерный уровень закупочных цен пшеницы должен быть от 120 до 180 долларов за тонну.

Выполнение фитолесомелиоративных мероприятий и агроландшафтных проектов по улучшению малопродуктивных земель в засушливой и полузасушливой зонах, посадка лесов и создание ландшафтно-оздоровительных зон в степных районах Казахстана. Из общей площади пашни 32,7 млн га около 22 млн га расположены по уклонам местности до 2°. Освоение земель по квадратам (производственным полям) 2×2 км, то есть 400 га без учета особенностей рельефа местности, приводит не только к дефляции, но и к усилению водной эрозии, особенно на третьей части склона 400-гектарных полей. Использование почвозащитной технологии, обеспечивающей простое и расширенное воспроизводство плодородия почв, включая комплекс мероприятий по предотвращению деградации земель и рациональному использованию осадков при выращивании сельскохозяйственных культур и применяя ландшафтный принцип организации территории землепользования, рассматривая все сельскохозяйственные угодья, лесные колки и другие многолетние насаждения. В настоящее время существует несколько модельных землеустроительных проектов формирования фито- и лесомелиоративного ландшафта на малопродуктивных деградированных землях, разработанные ведущими научно-исследовательскими институтами Казахстана. Необходимо как можно скорее применить этот опыт и использовать научный потенциал страны для ландшафтно-экологического проектирования. Конечно, выполнение этих мероприятий в полном объеме на всех обрабатываемых землях потребует существенных финансовых ресурсов - выполнение проекта на территории 3000 га может стоить до 1 млн долларов, однако эти затраты окупятся с лихвой. Кроме того, переход на агроландшафтное земледелие может осуществляться в течение длительного периода и независимо для отдельных территорий.

Особое внимание следует обратить на то, что все предложенные мероприятия будут эффективными и полезными даже в случае, если глобального потепления не произойдет. Однако при изменении климата необходимость в своевременном выполнении их стремительно возрастает. Конечно, осуществить сразу все варианты представляется довольно трудно осуществимой задачей как с экономической, так и административно-хозяйственной и правовой сторон. Поэтому, для включения в Национальный план действия следует отобрать наиболее приоритетные 3-4 меры, более детально оценить затраты на их выполнение и эффективность. Этот вопрос является темой отдельного исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгих С.А., Есеркепова И.Б., Шамен А. Оценка вклада ожидаемого потепления глобального климата в развитие процессов опустынивания в Казахстане // Гидрометеорология и экология. - См. настоящий номер.
2. Концептуальная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на период 1993-1995 гг. и до 2000 года / Под ред. Г.А. Калиева. - Алматы: НИЦ Бастау, 1994. - 314 с.
3. Мизина С.В., Есеркепова И.Б., Сутюшев В.Р. Оценка уязвимости урожайности пшеницы в Северном Казахстане при возможных изменениях климата // Гидрометеорология и экология. - См. настоящий номер.
4. Комплексные меры повышения урожайности сельскохозяйственных культур в зерновой зоне Казахстана. - Целиноград, 1982. - 158 с.
5. A Model-Based Climate Change Vulnerability and Adaptation Assessment for the Wheat Yields in Kazakhstan / S.V. Mizina, I.B. Eserkepova, O.V. Pilifosova, S.A. Dolgih, E.F. Gossen // Adapting to Climate Change. - New York: Springer-Verlag New York Inc., 1996. - P. 148 - 163.
6. Guidelines for Vulnerability and Adaptation Assessments. Version 1 / Ed. Ron Benioff. - Washington, 1995. - 345 p.

Казахский государственный аграрный университет

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

Hagler Bailly Services Inc., Boulder, Colorado, USA

КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУ МҮМКІНШІЛІГІНЕ БАЙЛАНЫСТЫ ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ДӘН ШАРУАШЫЛЫҒЫНЫҢ ӨРКЕНДЕУ СТРАТЕГИЯСЫНЫҢ БІРҚАТАР ЖАЙЛАРЫ

FM-FA академигі Э.Ф. Госсен
Геогр. ғ. канд. С.В. Мизина
Joel B. Smith

Климаттың қолайсыз өзгеруіне байланысты Қазақстан дән шаруашылығының қалыптасу шараларының мүмкіншіліктері қарастырылды. Климат өзгеруінің екі сценаріі бойынша ығалдану аймақтары шекараларының жылжулары көрсетілген. Республика аумағында бидайды өсіруге жалпы жылжынудың ыңғайсыз әсерін төмендету потенциалына алдын ала баға берілді.

УДК [663.11:631.559]:551.58(574)

**ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ УРОЖАЙНОСТИ ПШЕНИЦЫ В
СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ ПРИ ВОЗМОЖНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ
КЛИМАТА**

Канд. геогр. наук С.В. Мизина
Канд. геогр. наук И.Б. Есеркепова
В.Р. Суттошев

Приводится оценка уязвимости производства пшеницы в основных зерносеющих областях Казахстана при возможных изменениях климата. Расчеты урожайности выполнены с использованием численной модели CERES-Wheat при различных сценариях изменения климата, построенных на основе выходных данных моделей общей циркуляции атмосферы, полученных для условий удвоения концентрации двуокиси углерода в атмосфере.

Территория Казахстана находится в зоне рискованного земледелия. Возможное изменение климата под влиянием парникового эффекта может сделать климат республики еще более засушливым, что особенно негативно повлияет на сельскохозяйственное производство. Урожайность пшеницы, которая является одной из основных зерновых культур в Казахстане, может оказаться особенно уязвимой к ожидаемым изменениям климата. Поэтому разработка мероприятий по адаптации зернового хозяйства к воздействию изменения климата чрезвычайно важна для определения стратегии дальнейшего развития сельского хозяйства в республике. Первым шагом в этом направлении является оценка уязвимости урожайности яровой и озимой пшеницы, которая и выполнена в настоящей работе. По определению Межправительственной группы экспертов по изменению климата [7], уязвимость отражает в какой степени изменение климата может разрушить систему или нанести ей ущерб в зависимости от ее чувствительности и способности адаптироваться к новым климатическим условиям.

Изменение урожайности, которое может произойти в середине следующего столетия, было оценено по 14 пунктам (табл. 1). Эти точки выбраны таким образом, чтобы по возможности более полно отразить почвенно-климатические условия выращивания пшеницы в различных областях.

Таблица 1

Статистические данные по урожайности яровой и озимой пшеницы

Область	Засеваемая площадь, %	Средняя многолетняя урожайность, т/га	Доля области в валовом сборе зерна Казахстана*, %		Метеостанция	Тип почвы
			Яровая	Озимая		
Северо-Казахстанская	6,5	1,19	8,2	0,06	Булаево	Обыкновенный чернозем
					Петропавловск	Обыкновенный чернозем
Костанайская	17,5	0,95	25,0	0,06	Комсомолец	Обыкновенный чернозем
					Костанай	Южный чернозем
					Карасу	Южный чернозем
Кокшетауская	11,0	0,99	13,9	0,00	Красноармейск	Обыкновенный чернозем
					Рузаевка	Обыкновенный чернозем
					Кокшетау	Южный чернозем
Акмолинская	15,1	0,93	12,5	0,00	Акмола	Темно-каштановые
					Атбасар	Темно-каштановые
Павлодарская	6,0	0,65	3,6	0,00	Михайловка	Южный чернозем
					Федоровская	Темно-каштановые
					Павлодар	Темно-каштановые
Западно-Казахстанская	4,2	0,81	5,3	0,00	Уральск	Темно-каштановые

* - по данным 1994 г.

Для моделирования выбраны базовый сценарий и два сценария изменения климата [4]. Эти сценарии представляют собой суточный ход максимальной и минимальной температуры воздуха, сумм осадков и солнечной радиации по выбранным точкам. Суточные данные сгенерированы по месячным характеристикам с помощью генератора погоды SIMMETEO, входящего в систему DSSAT (система поддержки выбора решения при смене агротехнологии) [6]. Базовый сценарий получен на основе данных наблюдений с 1951 по 1980 год [2, 3].

Изменения климата при удвоении концентрации CO_2 в атмосфере оценивались на основе результатов расчетов, полученных по моделям общей циркуляции атмосферы Канадского метеорологического центра (CCC) [5] и Геофизической лаборатории динамики жидкости США (GFDL) [10]. Оба сценария дают увеличение температуры на выбранной территории, но изменения эти варьируют от точки к точке. По сценарию GFDL, на большей части территории ожидается, что минимальное увеличение температуры воздуха (на $4-5^\circ\text{C}$) произойдет зимой, а максимальное - летом. Сумма осадков в апреле-мае и в августе может составить 70-80 % по всей территории, в июне-июле 120-150 %. Модель CCC дает экстремальное потепление на 12°C в зимние месяцы и на $5-6^\circ\text{C}$ - в летние. Почти повсеместно ожидается увеличение сумм осадков на 10-40 %. Но в Уральской, Торгайской и на юге Павлодарской областей в мае и октябре суммы осадков могут уменьшиться до 40-80 %. В Костанайской области количество осадков может составить 80 % нормы.

В табл. 2 и 3 представлены изменения температуры и осадков по месяцам для выбранных точек. Солнечная радиация по указанным сценариям изменяется незначительно (на $\pm 1-4\%$) и не должна оказывать существенного влияния на изменение урожайности пшеницы. Поэтому изменения солнечной радиации не учитывались.

Данные по типам почв (обыкновенные и южные черноземы, темно-каштановые почвы) и начальному содержанию воды и азота в почвенных профилях были получены из справочных изданий [1]. В тех случаях, когда данных не хватало, использовались осредненные значения в соответствии с географическим положением и климатическими условиями точки. Для оценки уязвимости урожайности яровой и озимой пшеницы использована модель CERES-Wheat, входящая в систему DSSAT, разработанная международной группой экспертов [9].

Изменения температуры и осадков по месяцам по сценарию GFDL

Метеостанция	Метевеличина	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Среднее годовое значение
Булаево	Температура воздуха, °С	3,6	3,7	7,8	8,3	5,4	5,5	6,7	7,1	5,8	5,8	6,9	4,0	10,8
	Осадки	1,2	1,2	1,2	0,9	0,9	1,2	1,0	0,7	1,1	1,6	1,3	1,2	4,5
Петропавловск	Температура воздуха, °С	3,4	3,4	8,4	8,6	5,4	5,5	6,7	6,9	5,7	5,9	6,8	4,2	11,1
	Осадки	1,3	1,1	1,2	0,8	0,8	1,3	1,0	0,8	1,1	1,6	1,2	1,2	4,4
Комсомолец	Температура воздуха, °С	3,3	3,4	8,7	8,9	5,7	5,6	6,6	6,8	5,5	6,0	6,7	4,5	11,0
	Осадки	1,3	1,1	1,4	0,8	0,7	1,1	1,2	1,1	1,2	1,6	1,2	1,1	4,0
Костанай	Температура воздуха, °С	3,2	3,0	8,3	8,2	5,8	5,5	6,2	6,5	5,6	6,0	6,2	3,6	8,8
	Осадки	1,4	1,1	1,2	0,7	0,8	1,5	1,2	0,7	1,1	1,6	1,1	1,0	4,4
Карасу	Температура воздуха, °С	3,2	3,0	8,3	8,2	5,8	5,5	6,2	6,5	5,6	6,0	6,2	3,6	8,8
	Осадки	1,4	1,1	1,2	0,7	0,8	1,5	1,2	0,7	1,1	1,6	1,1	1,0	4,4
Красноармейск	Температура воздуха, °С	3,4	3,7	7,8	8,3	5,4	5,5	6,9	7,1	5,8	5,8	6,9	4,0	10,8
	Осадки	1,2	1,2	1,2	0,9	0,9	1,2	1,0	0,7	1,1	1,6	1,3	1,2	4,5
Рузаевка	Температура воздуха, °С	3,3	3,2	7,8	7,9	5,3	5,4	6,4	6,6	5,8	6,0	6,3	3,4	9,7
	Осадки	1,3	1,2	1,1	0,7	1,0	1,5	1,4	0,6	1,0	1,7	1,2	1,0	3,9
Кокшетаув	Температура воздуха, °С	3,2	3,3	7,1	7,5	5,1	5,4	6,7	6,7	5,7	5,9	6,2	3,4	9,4
	Осадки	1,1	1,2	1,1	0,7	1,0	1,5	1,7	0,8	1,1	1,6	1,2	1,0	4,2
Акмола	Температура воздуха, °С	2,7	3,1	6,3	6,7	4,8	5,3	6,7	6,5	5,8	5,8	5,3	2,9	10,3
	Осадки	1,0	1,3	1,1	0,8	0,8	1,5	2,5	1,3	1,6	1,6	1,1	0,9	5,4
Атбасар	Температура воздуха, °С	3,3	3,2	7,8	7,9	5,3	5,4	6,4	6,6	5,8	6,0	6,3	3,4	9,7
	Осадки	1,3	1,2	1,1	0,7	1,0	1,5	1,4	0,6	1,0	1,7	1,2	1,0	3,9
Михайловка	Температура воздуха, °С	3,6	3,8	7,4	8,2	5,5	5,5	6,9	7,2	6,0	5,6	6,9	4,0	10,1
	Осадки	1,1	1,3	1,2	1,0	0,9	1,1	1,1	0,8	1,1	1,5	1,4	1,3	4,0
Федоровская	Температура воздуха, °С	3,0	3,3	6,7	7,1	5,0	5,4	6,7	6,6	5,7	5,8	6,1	3,5	9,1
	Осадки	1,0	1,3	1,1	0,7	1,0	1,4	1,6	0,9	1,1	1,5	1,2	1,1	4,1
Павлодар	Температура воздуха, °С	3,1	3,3	6,6	6,5	4,9	5,3	6,4	6,5	6,1	5,7	5,9	3,4	9,6
	Осадки	0,9	1,2	1,2	0,7	0,9	1,2	1,4	0,7	1,1	1,4	1,3	1,1	4,9
Уральск	Температура воздуха, °С	2,8	4,2	7,9	8,0	6,0	5,0	5,1	5,8	5,0	4,9	5,1	4,5	8,6
	Осадки	1,2	1,1	1,1	0,7	0,7	1,4	1,1	1,5	1,4	1,5	0,9	1,0	4,6

Примечание. Изменение осадков дано в долях среднемноголетнего значения.

Изменения температуры и осадков по месяцам по сценарию ССС

Местоположение	Метеопериоды												Среднее годовое значение	
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12		
Булаво	Температура воздуха, °С	6,1	7,4	6,6	9,3	12,9	6,5	4,3	4,2	3,9	2,9	3,8	10,5	11,3
	Осадки	1,2	1,2	1,2	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,1	1,1	1,2	3,8
Петропавловск	Температура воздуха, °С	5,8	7,7	6,8	10,0	13,2	6,6	4,0	4,2	3,6	3,1	2,6	10,9	10,7
	Осадки	1,0	1,2	1,5	1,7	1,3	1,0	1,4	1,4	1,2	1,1	0,8	1,1	4,0
Комсомолец	Температура воздуха, °С	6,5	8,8	7,5	11,2	12,9	5,3	3,7	4,2	3,4	3,7	1,9	10,5	11,6
	Осадки	1,0	1,4	1,5	1,7	1,4	0,8	1,4	1,3	1,1	1,1	0,7	1,2	4,7
Костанай	Температура воздуха, °С	6,5	8,8	7,5	11,2	12,9	5,3	3,7	4,2	3,4	3,7	1,9	10,5	11,6
	Осадки	1,0	1,4	1,5	1,7	1,4	0,8	1,4	1,3	1,1	1,1	0,7	1,2	4,7
Караку	Температура воздуха, °С	6,5	8,8	7,5	11,2	12,9	5,3	3,7	4,2	3,4	3,7	1,9	10,5	11,6
	Осадки	1,0	1,4	1,5	1,7	1,4	0,8	1,4	1,3	1,1	1,1	0,7	1,2	4,7
Красноармейск	Температура воздуха, °С	6,1	7,4	6,6	9,3	12,9	6,5	4,3	4,2	3,9	2,9	3,8	10,5	11,3
	Осадки	1,2	1,2	1,2	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,1	1,1	1,2	3,8
Рудавка	Температура воздуха, °С	5,8	7,7	6,8	10,0	13,2	6,6	4,0	4,2	3,6	3,1	2,6	10,9	10,7
	Осадки	1,0	1,2	1,5	1,7	1,3	1,0	1,4	1,4	1,2	1,1	0,8	1,1	4,0
Кокшетау	Температура воздуха, °С	6,1	7,4	6,6	9,3	12,9	6,5	4,3	4,2	3,9	2,9	3,8	10,5	11,3
	Осадки	1,2	1,2	1,2	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,1	1,1	1,2	3,8
Аултола	Температура воздуха, °С	9,0	8,6	8,2	12,5	10,9	5,9	6,2	6,5	4,6	3,4	1,6	8,9	11,9
	Осадки	1,2	1,2	0,9	1,2	0,9	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9	1,0	0,8
Артасар	Температура воздуха, °С	8,6	9,6	10,0	14,1	10,8	6,0	6,2	6,5	4,3	3,2	1,5	8,7	10,8
	Осадки	0,9	1,2	1,0	1,2	0,8	0,7	0,9	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	6,0
Михайловка	Температура воздуха, °С	5,7	6,7	6,9	10,0	12,7	5,4	4,5	4,4	4,0	2,7	3,8	9,2	10,8
	Осадки	1,2	1,1	1,2	1,7	1,6	1,4	1,4	0,9	1,1	1,1	1,2	1,2	4,3
Федоровская	Температура воздуха, °С	5,7	6,7	6,9	10,0	12,7	5,4	4,5	4,4	4,0	2,7	3,8	9,2	10,8
	Осадки	1,2	1,1	1,2	1,7	1,6	1,4	1,4	0,9	1,1	1,1	1,2	1,2	4,3
Павлодар	Температура воздуха, °С	5,9	6,7	6,8	9,7	12,7	4,9	4,5	4,6	3,9	2,6	3,5	8,5	12,4
	Осадки	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,1	0,8	0,6	0,8	0,9	1,0	1,0	4,7
Уральск	Температура воздуха, °С	10,3	10,2	10,2	11,7	7,1	5,2	5,5	5,2	4,1	3,4	3,9	7,6	10,3
	Осадки	0,9	1,2	0,8	1,3	0,7	0,4	0,6	0,7	1,1	0,9	1,0	1,0	5,1

Примечание. См. табл. 2.

При моделировании учитывались прямое влияние увеличения концентрации CO_2 в атмосфере на урожайность пшеницы и собственно эффект изменения климата. Модель была откалибрована и проверена путем сравнения фактических и рассчитанных по модели данных об урожайности. Оценка качества моделирования удовлетворительна [4]. Полученные результаты по отдельным точкам представлены в табл. 4. Анализ показывает, что урожайность яровой пшеницы может уменьшиться по обоим сценариям, исключая Павлодар для сценария GFDL и Акмолу - для CCC. Уменьшение урожайности для различных станций может быть довольно значительным: от 16 до 70 %.

Что касается озимой пшеницы, то провести сравнение реальной и смоделированной при изменениях климата урожайности было невозможно, т.к. озимая пшеница не возделывается в выбранных районах. Поэтому мы сравнивали значения, смоделированные для базового сценария и сценариев изменения климата. Хотя в целом урожайность озимой пшеницы увеличивается, выращивание ее будет возможным только в нескольких районах (Петропавловск по сценарию CCC, Костанай, Кокшетау и Акмола для CCC и GFDL). В остальных районах посевы озимой пшеницы будут вымерзать в зимние месяцы.

Для получения осредненной характеристики сокращения урожайности пшеницы в целом по Северному Казахстану результаты моделирования по отдельным станциям обобщены методом, рекомендованным в [7],

$$P = \sum_{i=1}^n P_i$$

где P - изменение валового сбора зерна по Северному Казахстану; P_i - доля продукции, выращиваемой при i -тых почвенно-климатических условиях (%), умноженная на изменение урожайности в этом районе; i - номер района; $n=14$ - число районов.

Обобщенной по территории Северного Казахстана характеристики изменения урожайности озимой пшеницы получить не удалось. Для яровой пшеницы получено, что при выбранных сценариях урожай яровой пшеницы снизится довольно значительно - примерно на 26-27 %. Несмотря на то, что урожайность озимой пшеницы при этом может увеличиться в нескольких областях, возделывание ее будет возможным только на ограниченной части территории.

Оценки уязвимости урожайности яровой и озимой пшеницы по разным сценариям

Область	Яровая пшеница					Озимая пшеница				
	Доля урожая в валовом сборе, %	Изменения урожайности при изменении климата, %		Обобщенные характеристики, P_i		Доля урожая в валовом сборе, %	Урожайность при изменении климата, т/га		Изменения урожайности при изменении климата, %	
		GFDL	CCCM	GFDL	CCCM		GFDL	CCCM	GFDL	CCCM
Северо-Казахстанская	4,10	-24,2	-43,8	-1,0	-1,8	0,00	0,0	0,0	-	-
	4,10	-24,5	-36,3	-1,0	-1,5	0,06	1,7	0,0	-26,9	-100,0
Костанайская	7,00	-16,4	-28,2	-1,1	-2,0	0,06	1,9	1,4	13,5	-19,4
	9,00	-73,2	-41,6	-6,6	-4,2	0,00	0,0	0,0	-	-
	9,00	-39,2	-50,4	-3,5	-5,5	0,00	0,0	0,0	-	-
Кокшетауская	4,00	-19,7	-45,3	-0,8	-1,8	0,00	1,4	1,4	-11,9	-15,6
	5,00	-48,4	-26,5	-2,4	-1,3	0,00	0,6	0,0	-22,5	-100,0
	4,90	-33,7	-38,6	-1,6	-1,9	0,00	0,3	0,4	-13,3	20,0
Акмолинская	6,25	-32,3	-29,4	-2,0	-1,8	0,00	0,8	1,4	-30,8	20,0
	6,25	-27,7	-16,7	-1,7	-1,0	0,00	0,0	0,4	-100,0	23,3
Павлодарская	1,00	-16,3	-29,7	-0,2	-0,3	0,00	0,5	0,5	-12,5	12,5
	1,00	-25,2	-44,9	-0,3	-0,5	0,00	0,0	0,0	-	-
	1,60	0,1	-13,7	+0,0	-0,2	0,00	0,2	0,3	10,0	35,0
Западно-Казахстанская	7,50	-62,6	-44,1	-4,7	-3,3	0,00	0,3	0,2	40,0	5,0
Всего				-27,0	-26,1					

Примечание. Значение 0,0 означает, что посевы были повреждены морозом, и урожай равен 0.

При оценивании уязвимости урожайности пшеницы на территории Казахстана нами не были учтены некоторые моменты.

Площадь посевов, для которой проводилась оценка, составляет 7,6 млн га. Каждая из выбранных точек характеризует условия выращивания для области 0,25-0,77 млн га. Для получения более надежных оценок моделирования желательнее было бы использовать большее количество станций. Суточные данные о температуре воздуха и суммах осадков получены с помощью генератора погоды, что несколько снижает качество моделирования урожайности. По некоторым станциям данные по солнечной радиации отсутствовали. В этом случае использовалась информация по ближайшей станции. В данной работе оценка уязвимости урожайности пшеницы проводилась для шести зерносеющих областей Казахстана. Для полного анализа по Казахстану необходимо дополнить расчеты по остальным районам возделывания пшеницы, где средний валовой сбор составляет около 30 % всего урожая республики. Тем не менее приведенные результаты показывают, что уязвимость урожайности яровой и озимой пшеницы в Казахстане при изменениях климата, может быть весьма существенной. Поэтому для обеспечения устойчивого развития зернового хозяйства в условиях глобального потепления необходима разработка адаптационных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрогидрологические свойства почв Казахстана / В.Г. Затыльников, О.В. Горенко, Е.А. Кузнецов и др. - Алма-Ата: АГО, 1980. - 197 с.
2. Антонов А.Г., Смирнова Е.Ю. Об основных принципах организации банка данных "Климат" // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 2. - С. 43-53.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Длиннопериодные данные. Часть 1-6. Выпуск 18. Казахская ССР. Книга 1. - Л.: Гидрометеоздат, 1989. - 460 с.
4. A Model-Based Climate Change Vulnerability and Adaptation Assessment for the Wheat Yields in Kazakhstan / S.V. Mizina, I.B. Eserkepova, O.V. Pilifosova, S.A. Dolgih, E.F. Gossen // Dapting to Climate Change. - New York: Springer-Verlag New York Inc., 1996. - P. 148 - 163.
5. Boer G.L., Farlane N.M., Lazare M., Greenhouse Gas-Induced Climatic Change Simulated with the CCC Second generation Generation GCM. - London: Kluwer Academic Publishers, 1991. - 376 p.
6. Decision Support System for Agrotechnology Transfer, V3.0, Vols.1-3. IBSNAT/Editors: G.Y. Tsuji, J.W. Jones, G. Uehara, S. Balas - Hawaii: University of Hawaii, 1995. - 435 p.
7. Guidelines for Vulnerability and Adaptation Assessments. Version 1/Editor: Ron Benioff. - Washington, 1995. - 345 p.

8. Pilifosova O.V., Eserkepova I.B., Dolgih S.A. Regional Climate Change Scenarios under Global Warming in Kazakhstan // Climatic Change. - The Netherland: Kluwer Academic Publishers, 1997. - P. 23-40.
9. Ritchie, J.T., Otter S. Description and Performance of CERES-Wheat: A User-oriented Wheat Yield Model // - ARS Wheat Project / Editor: W.O. Wills - Washington D.C.: US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1989. - P. 121-136.
10. Wetherald R.T., Manabe S.A. Reevaluation of CO₂ - Induced Hydrological Change as obtained from Low and High Resolution Versions of the GFDL General. - New York, 1992. - 328 p.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДА БИДАЙ ӨНІМІНІҢ КЛИМАТ ӨЗГЕРІСІНЕ ТӘУЕЛДІЛІГІН БАҒАЛАУ

Геогр. ғ. канд. С.В. Мизина
Геогр. ғ. канд. И.Б. Есеркепова
В.Р. Сутюшев

Қазақстанның негізгі дән егетін облыстарындағы бидай өндірісі климат құбылмалылығына тәуелді екендігіне баға берілген. Өнімділік есебі атмосферада көміртегі қос тотығы 2 есе өсуі жағдайында алынған, атмосфераның жалпы айналу үлгісі бойынша мәліметтер негізінде құрылған және климаттың өзгеруі әртүрлі сценарияда CERES-Wheat сандық үлгісін қолдану арқылы орындалған.

УДК 551.524.34: [631.559 + 633.11 «324»] (574)

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В КАЗАХСТАНЕ

Л.А. Воронина

Рассмотрены отдельные метеорологические и статистические характеристики, описывающие глобальное состояние атмосферы. Отмечено увеличение влажных и теплых зим, а в теплый период года - повышение вероятности возникновения засух. Делается вывод о целесообразности увеличения посевных площадей под озимой пшеницей не только на юге, но и в других регионах республики.

Казахстан находится в зоне резко континентального климата, поэтому имеется большая вероятность возникновения засух, суховеев, пыльных бурь, продолжительных периодов с сильными морозами зимой или сильной жарой летом, а также ранних осенних и поздних весенних заморозков. Вся территория Казахстана относится к зоне рискованного земледелия, в которой агроклиматические условия достаточно неблагоприятны для сельского хозяйства.

Попытаемся проанализировать тенденцию изменения климата Казахстана и влияние его на урожайность озимой пшеницы. По мнению многих авторов [1, 2, 5, 7, 8], одним из климатообразующих факторов является циркуляция атмосферы. Определен ряд метеорологических и статистических характеристик, описывающих глобальное состояние атмосферы. Рассмотрим некоторые из них. Предметом анализа в данной работе послужили: число суток с формами циркуляции *W*, *E*, *C* по Г.Я. Вангенгейму, индексы циркуляции Е.Н. Блиновой и А.Л. Каца, характеристики Исландского и Азорского центров действия атмосферы (ЦДА). Использованы данные за 50-летний ряд наблюдений (1945-1994 гг.) Исследование проводилось синоптико - статистическим методом. Изучены многолетние особенности временного и пространственного распределения средней областной урожайности озимой пшеницы, отклонения от средних многолетних среднемесячных значений температуры воздуха и количества осадков, временного изменения числа суток с формами циркуляции *W*, *C*, *E* по Г.Л. Вангенгейму, среднее за месяц статистическое значение индексов циркуляции по Е.Н. Блиновой и А.Л. Кацу, изменение среднемесячных значений местоположения и интенсивности Исландского и Азорского центров действия атмосферы. Кратко охарактеризуем их.

Формы циркуляции атмосферы по Г.Я. Вангенгейму *W*, *C*, *E* в достаточной степени описывают направление воздушного потока в средней тропосфере, направление воздушных потоков на высоте и траектории движения барических образований у земли. Известно, что западной (*W*) форме циркуляции в толще атмосферы соответствует быстро сменяющиеся волны малого размаха. Меридиональным формам циркуляции - восточной (*E*) и западной (*C*) в толще атмосферы соответствуют волны большого размаха, причем при форме *E* между 30 - 60° в.д. располагается высотный гребень, а при форме *C* - высотная ложбина.

Индексы циркуляции Е.Н. Блиновой и А.Л. Каца [5] относятся к статистическим характеристикам атмосферы, по значению которых можно определить, какой преобладал тип циркуляции: меридиональный или зональный. Индекс циркуляции Е.Н. Блиновой (α) дает угловую скорость вращения атмосферы по отношению к поверхности земли и характеризует интенсивность зонального переноса в средних широтах (40 - 65° с.ш.), так как представляет собой отношение линейной скорости движения воздуха вдоль круга широты к расстоянию до оси вращения Земли. Индекс циркуляции (α) вычисляется по формуле

$$\alpha = \frac{V_{\lambda}(\theta)}{r \cos \varphi},$$

где $V_{\lambda}(\theta)$ - относительная скорость движения атмосферы, r - радиус Земли, φ - широта места, λ - долгота места, увеличивающаяся с запада на восток.

Индекс циркуляции А.Л. Каца (I) характеризует результат совокупного действия зональных и меридиональных составляющих циркуляции и показывает во сколько раз интенсивность зональной циркуляции превышает интенсивность меридиональной, рассчитывается по формуле

$$I = \frac{I_{\varphi}}{I_{\lambda}},$$

где I_{φ} - индекс зональности, I_{λ} - индекс меридиональности.

Для выявления тенденции изменения упомянутых ранее метеорологических характеристик за рассмотренный ряд лет были проанализированы тренды годовой повторяемости числа суток с формами циркуляции по Вангенгейму *W*, *E*, *C*, индексов циркуляции, интенсивности и местоположения Исландского и Азорского центров действия атмосферы.

Изменение числа суток с формами циркуляции *W*, *E*, *C* описывается параболическим трендом. Число суток с формой циркуляции *W* в 50-е годы убывает, но с начала 60-х годов отмечается устойчивая тенденция к увеличению. Тренд числа суток с меридиональной формой циркуляции *E* в 50 - 70-е годы положителен, но с конца 70-х годов он меняет знак, то есть указывает на уменьшение повторяемости процессов этой формы циркуляции. Тренд числа суток с формой циркуляции *C* отрицателен, то есть наблюдается устойчивая тенденция к уменьшению повторяемости этой формы циркуляции. Рассмотренные тренды позволяют предположить, что при уменьшении повторяемости меридиональных форм циркуляции одновременно происходит увеличение повторяемости широтных процессов, то есть наблюдается тенденция к увеличению зонального переноса.

К этому же выводу подводит и анализ изменения значений индексов циркуляции и их трендов. Индекс Е.Н. Блиновой (α), характеризующий зональную циркуляцию, имеет положительный тренд и, наоборот, индекс А.Л. Каца (Γ), характеризующий меридиональность в циркуляции атмосферы, имеет отрицательный тренд. Таким образом, получаем еще одно подтверждение об усилении зонального переноса в атмосфере. Одновременно можно предположить, что усиливающийся зональный перенос с запада на восток будет способствовать усилению адвекции влажных масс воздуха с Атлантики в глубь континента. Интенсивность адвекции воздушных масс с океана [8] определяет континентальность климата на материке. Континентальность тем меньше, чем интенсивнее потоки, приносящие влагу с океана на континент. И в данном случае, видимо, можно говорить об уменьшении континентальности климата за Уральскими горами.

И еще один фактор указывает на увеличение адвекции воздушных масс с океана - это усиливающаяся интенсивность давления и изменение географических координат Азорского и Исландского ЦДА.

Анализируя изменение интенсивности давления в центрах действия атмосферы, можно отметить, что давление в центре Азорского максимума имеет устойчивую тенденцию к росту. За 10 лет происходит увеличение тренда давления на 0,25 гПа. В Исландском ЦДА, наоборот, давление имеет отрицательный тренд, то есть наблюдается тенденция к понижению давления в центре. Изменение тренда давления за 10 лет в среднем составляет 0,4 гПа. Поэтому можно говорить об увеличении градиентов давления между этими ЦДА. Это характерно как для холодного, так и для теплого полугодий. Положительный тренд долготы местоположения Азорского ЦДА указывает на устойчивую тенденцию перемещения его к востоку, в то время как, отрицательный тренд долготы местоположения Исландского ЦДА - на перемещение его к западу, то есть расстояние между ними уменьшается. Это тоже способствует усилению градиентной зоны. Положительные тренды широты местоположения Азорского и Исландского ЦДА говорят о перемещении их к

северу, из чего можно заключить, что наибольшая зона градиентов имеет тенденцию перемещения к северу. Градиентная зона - это зона, где наблюдаются не только наибольшие градиенты давления, но и максимальные градиенты температуры воздуха, то есть в этом случае создаются условия для обострения атмосферных фронтов в этих широтах. В более низких широтах в этом случае, по всей видимости, должна увеличиваться повторяемость поля высокого давления, то есть может наблюдаться тенденция к увеличению засушливости климата.

Чтобы определить, приводит ли изменение рассмотренных характеристик общей циркуляции атмосферы к смене режима температуры воздуха и увлажнения на территории Западного, Южного, Юго-Восточного и Восточного Казахстана, были рассмотрены тренды отклонения средней месячной температуры воздуха и количества осадков от среднееголетнего их значения на этой территории. Для получения трендов были использованы значения аномалии среднемесячной температуры воздуха и количества осадков по 28 метеостанциям. Подробно изменения аномалии температуры и осадков по годам рассмотрены автором ранее [3, 4]. Описывались полученные связи между формами циркуляции и распределением температуры воздуха и количества осадков. Проводился анализ характеристик циркуляции атмосферы, обусловивших резкие отклонения температуры воздуха и количества осадков от среднееголетнего значения, в отдельные годы в Казахстане. В этой статье больше удела внимания тренду аномалии температуры воздуха и количества осадков в холодное и теплое время года на примере января и июля.

Положительный тренд аномалии температуры воздуха и количества осадков в январе позволяет говорить об изменении климата в этих районах в зимний период года - зимы становятся более теплыми и снежными. Рассматривая изменение тренда по десятилетиям, можно отметить, что в среднем прирост тренда аномалии осадков за десятилетие равен 7 %, а аномалии температуры воздуха составляет 0,7 °С. То есть можно предположить, что в холодный период года наблюдается потепление климата при одновременном увеличении осадков, зимы становятся мягче. В июле тренд температуры воздуха также положителен и за десятилетие увеличивается на 0,5 °С, тренд аномалии осадков - отрицателен, хотя за десятилетие снижение тренда невелико, всего 2-3 %, но это может указывать на увеличение вероятности возникновения засушливых явлений в летний период, что, видимо, согласуется с увеличением вероятности повторяемости антициклонов летом в южных широтах.

Теперь проанализируем динамику урожайности озимой пшеницы за этот же период. Тренд изменения урожайности озимой пшеницы положителен. До 60-х годов изменения урожайности озимой пшеницы небольшие, в 70 - 80-е годы отмечается период неустойчивости урожая озимой пшеницы, который можно объяснить изменением погодных

условий в период вегетации. Ранее автором [3, 4] была установлена значимая корреляционная связь урожайности с распределением осадков и температуры воздуха, а также формами и индексами циркуляции. Для отдельных месяцев в период вегетации они оказались значимыми. В последнее десятилетие, из-за экономического спада, снижается культура возделывания зерновых, что ставит их урожайность в еще большую зависимость от погодных и климатических условий.

Анализ полученных результатов за 50-летний ряд наблюдений позволил сделать ряд предварительных выводов. Увеличивается повторяемость широтных процессов, как следствие, усиливается зональный перенос воздушных масс, который приводит к более глубокому проникновению на континент влажных и теплых масс воздуха с океана, особенно в холодную часть года. Возрастает повторяемость теплых и влажных зим, в летний период повышается вероятность возникновения вспышек засушливости.

Для развития озимой пшеницы очень важны погодные и климатические условия в период ее вегетации. При хорошей перезимовке озимая пшеница - гарантийная культура, так как при ранней засухе происходит быстрая потеря влаги из верхнего горизонта почвы, но при этом в глубоких ее слоях влага может сохраниться. В этот период озимые обладают уже более мощной корневой системой, чем яровые, и они могут лучше использовать эту влагу. Погода июля и августа не оказывает значительного влияния на формирование урожая, поэтому вспышки засушливости уже не очень опасны.

Пока в Казахстане озимая пшеница не играет большой роли в производстве зерна, но, учитывая вышесказанное, можно рекомендовать увеличивать площади под озимые культуры. Если сейчас они занимают около 5% всех засеянных площадей в Казахстане, то целесообразно было бы увеличить площади под озимую пшеницу хотя бы вдвое, и, может быть, возделывать ее не только в южных районах республики, но и в северных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байдал М.Х. Долгосрочные прогнозы погоды и колебание климата Казахстана. - Л.: Гидрометеиздат, 1964. Ч. 1 и 2. - 446 с.
2. Белинский Н.А. Использование некоторых особенностей атмосферных процессов для долгосрочных прогнозов. - Л.: Гидрометеиздат, 1957. - 204 с.
3. Воронина Л.А. О синоптических условиях формирования урожайности озимой пшеницы на юге и юго - востоке Казахстана // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 2. - С. 113 - 125.
4. Воронина Л.А. О синоптических условиях формирования высоких и низких урожаев озимой пшеницы в Казахстане // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 2. - С. 19 - 37.

5. Гирс А.А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 486 с.
6. Дроздов О.А. Засухи и динамика увлажнения. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. - 94 с.
7. Кац А.Л. Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы. - Л.: Гидрометеиздат, 1960. - 270 с.
8. Климатология / О.А. Дроздов, В.А. Васильев, Н.В. Кобышева и др. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 568 с.
9. Моисейчик В.А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. - Л.: Гидрометеиздат, 1975. - 295 с.
10. Моисейчик В.А. Методическое пособие. Методы составления долгосрочных агрометеорологических прогнозов перезимовки озимых культур по территории областей, республик и в целом по СССР. - М.: Гидрометеиздат, 1972. - 104 с.
11. Уланова Е.С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. - Л.: Гидрометеиздат, 1975. - 301 с.
12. Утешев А.С. Атмосферные засухи и их влияние на природные явления. - Алма-Ата: Наука, 1972. - 176 с.
13. Федоров Е.К. Погода и урожай. - Л.: Гидрометеиздат, 1973. - 56 с.
14. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. - СПб.: Гидрометеиздат, 1991. - 304 с.
15. Яковлев Н.Н. Климат и зимостойкость озимой пшеницы. - Л.: Гидрометеиздат, 1966. - 420 с.
16. Chmielewski F. - M., Lieth H. Der Einfluss von Klimaschwankungen auf die Kornenertrage des Winterrogens in Halle von 1901 bis 1980 // Wiss. Z. Humboldt - Univ. Berlin. R. Math. / Naturwiss. - 1992. - Vol. 41, № 2. - S. 55 - 67.

Бюро погоды Агентства по гидрометеорологии и мониторингу природной среды Минэкобиоресурсов РК

ҚАЗАҚСТАНДА КҮЗДІК БИДАЙДЫҢ ӨНІМДІЛІГІНЕ КЛИМАТ ӨЗГЕРУСІНІҢ ЫҚПАЛЫ

Л.А.Воронина

Атмосфераның жалпы жағдайын мазмұндайтын жеке метеорологиялық және санақтық сипаттамалар қарастырылған. Жылы және ылғалды қыстың байқалғаны, ал жылы кезеңдер қуаңшылықтың пайда болу мүмкінділігін жоғарылататыны айтылған. Күздік бидай егістігінің көлемін кеңейту республиканың тек оңтүстігінде ғана емес, сонымен қатар басқа да аймақтарда керектілігі анықталған.

УДК 551.583.13:633.2.03 (574)

**О ВЛИЯНИИ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА
НА ПАСТБИЩА КАЗАХСТАНА**

Канд. геогр. наук Л. В. Лебедь
З. С. Беленкова
Т. П. Турбачева

На примере Северного Приаралья выполнена оценка уязвимости пустынных пастбищ, находящихся под прямым влиянием возможного изменения регионального климата, связанного с парниковым эффектом. Используются варианты изменения климата на территории Казахстана, рассчитанные на перспективу с применением современных моделей теории климата GFDL (США), CCCM (Канада). Для смягчения последствий возможной уязвимости пастбищ за счет одновременного воздействия комплекса антропогенных и природных факторов предлагается ряд защитных мероприятий.

Сохранение хрупкой и чрезвычайно динамичной экосистемы, какой являются пустыни, должно опираться на всесторонние теоретические и практические исследования. В последние десятилетия исследователями уделялось особое внимание изменениям естественного растительного покрова пустыни под влиянием антропогенной деятельности, в первую очередь, связанной с бессистемным использованием растительности под пастбища и сенокосы [5, 7, 10 и др.], нарушениями обводненности территории [13], техногенным загрязнением земель. К настоящему времени также достаточно изучена взаимосвязь погодных факторов и пастбищных экосистем, которая проявляется в межсезонных и межгодовых колебаниях их биоэкологического состояния и продуктивности [1, 4, 14 и др.]. Вместе с тем, не менее важно оценить влияние на естественные биоценозы и длиннопериодных изменений климата. В данной статье на примере аридных пастбищ Северного Приаралья намечены общие тенденции трансформаций естественной растительности, связанных с потеплением климата Казахстана под влиянием парникового эффекта и с изменением агроклиматических условий ее вегетации.

Растительность северотуранских пустынь, к которым относятся пустыни Приаралья, сформирована в основном кустарниками, полукустарниками, полукустарничками, в меньшей степени травянистыми формами, многолетними и однолетними, обитающими на глинистых,

засоленных глинистых, солончаковых почвах и песках. С точки зрения хозяйственной эксплуатации - это разносезонные пастбища, используемые в основном под выпас мелкого рогатого скота. Урожайность кормов на пастбищах в современных климатических условиях составляет чаще от 0,2 - 0,3 до 0,5 - 0,7 т/га в сухом весе. Объектами исследования являлись отдельные природные выделы на территории Приаралья, представленные группами типов пастбищ. В их числе выдел с полынно-солянковой растительностью (*Artemisia terrae-albae*, *Anabasis salsa*) на бурых глинистых почвах всхолмленной равнины. Присутствует травянистая эфемеровая составляющая. Изменения растительности под влиянием антропогенного фактора незначительные. Бурые засоленные глинистые почвы пониженной равнины представлены выделом с солянковой растительностью (*Anabasis salsa*, *Atriplexe saeae*). Растительность относится к условно-коренной. Выдел на бугристых песках пониженной равнины характеризуется полынно-злаково-кустарниковой растительностью (*Artemisia terrae-albae*, *Agropiron stragile*, *Kochia prostrata*, *Caligonum sp.*) с участием эфемеров. Растительность под влиянием выпаса скота претерпела значительные изменения. Базовой основой при оценке возможной уязвимости пастбищ послужили результаты моделирования будущего климата Казахстана с использованием современных моделей теории климата GFDL (США) и CCCM (Канада), сценарий 2xCO₂. Варианты будущего климата на территории Казахстана описаны в [12]. В качестве основных его параметров использовались месячные значения продолжительности солнечного сияния, температуры воздуха и атмосферных осадков, наблюдаемые на метеорологических станциях Челкар, Аяккум, Саксаульская, Аральское Море, Тауп.

Современные агроклиматические условия Северного Приаралья характеризуются достаточностью света, тепла и недостатком влаги для растительности. Продолжительность вегетационного периода, т.е. периода с температурой воздуха >5 °С, составляет около 7 месяцев и приходится, в основном, на апрель - октябрь. Годовая сумма атмосферных осадков колеблется в пределах 130-190 мм; из них в холодный период выпадает 55-75 мм. В табл. 1 агроклиматические ресурсы Приаралья представлены двумя основными показателями: температурой воздуха и коэффициентом увлажнения А. Федосеева [14]. Коэффициент увлажнения K_i на i-й месяц вегетационного периода рассчитывается по формуле

$$K_i = a(W_0 + \Delta W_3 + r_1) / D_i, \quad (1)$$

$$\Delta W_3 = f(r_3), \quad (2)$$

где W_0 - запасы продуктивной влаги в почве в слое 0 - 100 см осенью, мм; ΔW_j - изменение запасов продуктивной влаги за холодный период года, мм; r_i - осадки теплого периода года накопительным итогом по i -й месяц вегетационного периода, мм; D_i - дефицит влажности воздуха накопительным итогом по i -й месяц вегетационного периода, мм; r_3 - сумма осадков холодного периода года, мм; a - параметр.

По данным А. Федосеева, значениям $K_i > 1$ соответствуют условия, когда приходная составляющая почвенных влагозапасов на пастбищах превышает расходную за счет физического испарения с почвы и транспирации растений. Интервал значений $0,60 < K_i \leq 1,00$ характеризует достаточные условия влагообеспеченности для коренных доминирующих видов пастбищной растительности. При $K_i \leq 0,60$ условия влагообеспеченности, в большинстве случаев, недостаточные для продолжения активной вегетации растений. Очевидно (см. табл. 1), что при современных агроклиматических условиях активная вегетация пастбищной растительности в основном продолжается только в первые два месяца - апреле, мае.

Результаты моделирования будущего климата для пустынной территории Северного Приаралья по моделям GFDL и CCCM показали, что среднесуточные температуры воздуха в теплый период года могут превышать существующие на 5-7 °С. Это может повлечь за собой и более ранние, на 10 - 20 суток, переходы температуры воздуха весной через 5 °С и удлинение теплого периода в целом на 30-40 суток. Годовые суммы осадков могут увеличиться на 30-40 %.

Однако известно, что в природных экологических системах всегда присутствуют обратные связи, за счет которых реакция естественных биогеоценозов на условия среды в первую очередь может проявиться в смещении календарных сроков вегетационного периода. А это, вероятно, существенно сгладит различия между современными и моделируемыми условиями вегетации пастбищной растительности. Как показывают расчеты, с учетом сдвига сроков вегетации на более ранние календарные даты весной, температура воздуха в течение всего вегетационного периода в целом превышает температурные показатели современного климата. Однако в первые 2-3 месяца превышение температуры составляет не более 1-2 °С, тогда как в последующие оно достигает 4-7 °С и выше. На этом фоне температур условия увлажнения в первые месяцы могут складываться более благоприятными по сравнению с существующими, но во вторую половину вегетации они могут значительно ухудшаться (см. табл. 1).

Полученные показатели современных и рассчитанных на перспективу агроклиматических условий вегетации пастбищной растительности Северного Приаралья послужили исходным материалом для моделирования сезонной динамики возможной ее урожайности. Количественная оценка уязвимости пастбищной растительности выполнена по годовому приросту надземной биомассы. Для моделирования

Возможные изменения агроклиматических условий вегетации пастбищной растительности Северного Приаралья в связи с изменениями климата (с учетом сдвига вегетационного периода)

Сценарии и модели климата	Параметры климата: Т, °С К, доли единицы	Агроклиматические условия в месяцы активной вегетации						
		01	02	03	04	05	06	07
Современный климат (1×CO ₂)	Т	9,00	17,7	23,2	25,8	23,5	16,5	6,80
	К	>1,00	0,61	0,29	0,18	0,14	0,12	0,12
2×CO ₂ GFDL	Т	7,40	18,5	24,9	29,9	31,4	27,8	19,0
	К	>1,00	0,70	0,30	0,17	0,11	0,09	0,08
2×CO ₂ CCSM	Т	9,70	20,1	26,0	29,9	31,4	28,8	21,0
	К	>1,00	0,77	0,31	0,16	0,10	0,08	0,07

биомассы использована нестационарная модель сезонной урожайности пастбищ [8]. Идентификация параметров модели выполнена с привлечением полевых материалов агрометеорологического стационара КазНИИМОСК и геоботанического стационара института ботаники и фитоинтродукции МН-АН РК в Северном Приаралье за 60-70-е годы, а также материалов аэроспектрометрических съемок пастбищ Приаралья экспедицией КазНИИМОСК в 1990 и 1991 годы. Расчеты урожайности выполнены как для отдельных основных доминантов растительности (табл. 2), так и для преобладающих типов пастбищ (табл. 3).

Как видно (см. табл. 2), реакция пустынных растений на изменение термического фактора выражается слабо. Это объясняется тем, что большинство из них относится к группе термофилов, т.е. к растениям, приспособленным к высоким температурам почвы и воздуха [6, 13]. Более заметна реакция у пустынных растений на изменения условий увлажненности, в особенности у растений группы омброфитов. Это связано с тем, что их корневая система, распределяясь в основном в поверхностных горизонтах почвы, активно усваивает влагу атмосферных осадков и конденсации.

К таким растениям относятся повсеместно распространенные в пустынях Казахстана полукустарничек - полынь белоземельная (*Artemisia tergae-albae*) и житняк сибирский (*Agropyrum sibiricum*). Для этих видов в первую половину вегетационного периода возможно существенное (в 1,5-2 раза) увеличение прироста надземной биомассы (см. табл. 2). Вместе с тем, во вторую половину вегетации прирост биомассы у растений-омброфитов резко тормозится и становится ниже, чем в современных условиях климата. Особенно заметно это проявляется у полыни белоземельной на тяжелых глинистых почвах. Группа растений трихогидрофитов, в частности полукустарнички бигургуи (*Anabasis salsa*), изень (*Kochia prostrata*), наряду с влагой атмосферных осадков используют и капиллярную влагу грунтовых вод. Для них возможное повышение урожайности в первую половину вегетационного периода менее выражено, а во вторую уменьшается, как и у предыдущей группы растений. Растения группы фреатофитов активно используют грунтовые воды, благодаря глубоко проникающей корневой системе. У этой группы растений, представленной полынью пятидольчатой (*Artemisia quinqueloba*) и другими видами растений, существенных изменений в динамике накопления биомассы, связанных с возможными изменениями агроклиматических условий в течение вегетационного периода, не отмечается. Однако при этом не следует исключать возможное снижение их урожайности за счет понижения уровня грунтовых вод при изменении климата.

Расчеты урожайности, выполненные для отдельных групп типов пастбищ по моделям теории климата, в целом подтверждают вышеописанные тенденции их возможных изменений (см. табл. 3). При расчетах учитывался современный структурный и видовой состав

Возможные изменения урожайности основных доминантов пастбищной растительности Северного Приаралья (т/га сухой массы) в связи с изменениями климата

Растительность, почва	Сценарии и модели климата	Изменения урожайности в месяцы активной вегетации						
		01	02	03	04	05	06	07
Полынь белоземельная (<i>Artemisia terrae-albae</i>) на глинистых бурых почвах	1×CO ₂	0,03	0,21	0,21	0,13	0,13	0,13	0,06
	2×CO ₂ GFDL	0,03	0,20	0,12	0,07	0,07	0,06	-
	2×CO ₂ CCCM	0,04	0,31	0,19	0,11	0,10	0,10	0,05
Полынь белоземельная (<i>Artemisia terrae-albae</i>) на песках	1×CO ₂	0,08	0,34	0,34	0,21	0,21	0,21	0,10
	2×CO ₂ GFDL	0,07	0,47	0,28	0,17	0,15	0,14	-
	2×CO ₂ CCCM	0,09	0,66	0,40	0,24	0,21	0,20	0,10
Биюргун (<i>Anabasis salsa</i>) на глинистых бурых засоленных почвах	1×CO ₂	0,03	0,13	0,46	0,46	0,46	0,23	0,23
	2×CO ₂ GFDL	0,03	0,15	0,48	0,43	0,39	0,19	-
	2×CO ₂ CCCM	0,03	0,20	0,53	0,48	0,43	0,21	0,21
Травы весенней вегетации на серобурых почвах	1×CO ₂	0,08	0,03	-	-	-	-	-
	2×CO ₂ GFDL	0,08	0,00	-	-	-	-	-

Растительность, почва	Сценарии и модели климата		Изменения урожайности в месяцы активной вегетации						
			01	02	03	04	05	06	07
Житняк сибирский (<i>Agropyron fragi- lesum</i>) на песках	1×CO ₂		0,09	0,38	0,30	0,24	0,22	0,20	0,18
	2×CO ₂	GFDL	0,08	0,45	0,36	0,29	0,26	0,23	-
	2×CO ₂	CCCM	0,10	0,66	0,52	0,42	0,38	0,34	0,31
Изень (<i>Kochia prostrata</i>) на песках	1×CO ₂		0,05	0,09	0,19	0,16	0,16	0,16	0,16
	2×CO ₂	GFDL	0,05	0,10	0,12	0,12	0,10	0,09	-
	2×CO ₂	CCCM	0,05	0,14	0,14	0,14	0,11	0,09	0,09
Полынь пятидольная (<i>Artemisia quinq- veloba</i>) на бугристо- грядовых песках	1×CO ₂		0,08	0,48	1,00	1,00	1,00	0,71	0,64
	2×CO ₂	GFDL	0,07	0,44	1,00	1,00	1,00	1,00	-
	2×CO ₂	CCCM	0,09	0,58	1,00	1,00	1,00	0,71	0,64

Возможные изменения (%) сезонной урожайности кормов различных типов пастбищ
Северного Приаралья на начало 90-х годов в связи с изменениями климата (сценарий $2 \times \text{CO}_2$)

Группы типов пастбищ	Модели климата					
	GFDL			CCCM		
	В	Л	О	В	Л	О
Полынно-солянковый (<i>Artemisia terrae-albae</i> , <i>Anabasis salsa</i>) на бурых почвах всхолмленной равнины	13	21	-11	72	-93	-25
Солянковый (<i>Anabasis salsa</i> , <i>Atriplexe saeae</i>) на бурых засоленных почвах пониженной равнины	-25	3,0	-5,0	62	-82	-88
Полынно-злаковый с кустарниками (<i>Artemisia terrae-albae</i> , <i>Agropiron stragile</i> , <i>Kochia prostrata</i> , <i>Caligonum sp.</i>) на песках	-6,0	-11	11	-78	0,0	-14

Примечание. Приняты обозначения: В - весна, Л - лето, О - осень

растительности. Так, на весенний и ранне-летний период вегетации отмечается в той или иной степени повышение урожайности для всех типов пастбищ и вариантов моделей климата по сценарию $2 \times \text{CO}_2$. Во вторую половину вегетации для всех типов пастбищ характерно понижение урожайности. Наиболее заметная реакция на изменения агроклиматических условий проявляется у солянкового типа как по более жесткому варианту климата (модель CCCM), так и по более мягкому (модель GFDL).

Возможные изменения агроклиматических условий пустынной зоны Казахстана в связи с переменной климата могут вызвать нарушения экологического равновесия и, как следствие, перестройки в структуре растительного покрова, его видового состава. Методические основы прогнозирования трансформаций экосистем, и растительности в частности, в настоящее время полностью не разработаны [9]. Выполненные работы в основном касаются антропогенного опустынивания [3, 6], и время прогнозирования экологических ситуаций ограничивается периодом до 10 лет. В связи с этим, рассуждения о возможных изменениях в структурно-видовом составе естественного растительного покрова пустынь под влиянием длиннопериодных изменений климата могут носить только общий характер. Предполагается, что моделируемое ухудшение условий тепло-и влагообеспеченности во вторую половину вегетационного периода, преждевременное прерывание активной вегетации растений может отрицательно сказаться на обсеменении летне-осенних видов, выживаемости молодого подроста и на осенних всходах. Отсюда, как следствие, не исключается и постепенное выпадение из сообществ отдельных видов растений, а также некоторое уменьшение проективного покрытия пастбищ. В частности, для северных казахстанских глинистых пустынь в первую очередь это может проявиться через отмирание *Artemisia*, а затем, возможно, и *Salsola*. Современные полынные пастбища со значительной антропогенной нагрузкой могут пострадать в большей мере. Менее уязвимой при изменении агроклиматического режима может оказаться растительность песчаных равнин, представленная в основном трихогидрофитами и фреатофитами. В этом случае первоначальные изменения климата могут не сказаться заметно на структуре кустарниковых сообществ. Однако и в них со временем может начаться процесс выпадения *Сraminea*, а затем *Artemisia terreae albae*. *Artemisia ageneria* (полынь песчаная), как более устойчивая к факторам внешней среды, может оставаться в сообществах более продолжительное время. Эфемеры в песках, как и на суглинистых почвах, могут разрушаться значительно раньше и быстрее. Таким образом, кустарники в будущем вероятно могут составить основу кормовой базы северных песчаных пустынь.

Для сохранения, а в отдельных случаях и для восстановления до условно-коренного состояния растительного покрова, подвергаемого интенсивным прямым антропогенным нагрузкам, а также изменениям

климата, можно применить ряд мер [11]. Эти мероприятия в первую очередь определяются структурой почвенно-растительного покрова, его современным состоянием. В качестве охранных мер для современной неизменной или слабоизменной растительности в условиях перемены климата можно рекомендовать пастбищеобороты и сенокосообороты с уменьшением наагрузки скота. Пастбищеоборот - это система использования пастбища, предусматривающая чередование выпаса с невыпасом и смены сезонов его использования. Пастбищеобороты с регулируемым выпасом эффективно внедрять на огороженных пастбищах. В тех случаях, когда состояние растительного покрова характеризуется как среднеизменное, в условиях изменения климата возникает необходимость в пастбищеоборотах (сенокосооборотах) с уменьшением нагрузок скота на пастбища и одновременным поверхностным их улучшением. Если в структуре растительного покрова произошли достаточно серьезные изменения, с заменой первичных растительных сообществ на их модификации или на пастбищах встречаются полностью обнаженные участки, то в этих случаях рекомендуются восстановительные мероприятия. Они предусматривают коренное улучшение пастбищ путем распашки угодий с посевом растений - фитомелиорантов как в условиях современного, так и измененного климата. Культуры для посева выбираются в зависимости от почвенных разностей и условий увлажнения. В Северном Приаралье ранее выполнялись работы по проверке системы полукоренного улучшения пастбищ [2]. Как показали полевые опыты, эта система наиболее себя оправдывает на слегка супесчаных почвах под полынными пастбищами. Система основана на закладке на пастбищах кулис или полос, чередующихся с естественным травостоем [10]. Выполненные исследования по оценке уязвимости пастбищ Казахстана под прямым влиянием изменения регионального климата за счет парникового эффекта позволяют сделать ряд выводов. На период удвоения концентрации углекислого газа в атмосфере, который ориентировочно приходится на 2050-2075 гг., с потеплением климата в пустынной зоне Казахстана могут отмечаться существенные изменения агроклиматических условий произрастания пастбищной растительности. По сравнению с современными (на начало 90-х годов) они могут отличаться более благоприятным режимом в первую половину вегетационного периода растений и весьма неблагоприятным во вторую. Наибольшим изменениям продуктивности могут быть подвержены растения с поверхностной корневой системой, усваивающие в основном влагу атмосферных осадков. Для тех видов растений, которые наряду с влагой атмосферных осадков активно усваивают капиллярную влагу грунтовых вод, возможные изменения урожайности за вегетационный период менее выражены. Под влиянием изменений климата и агроклиматических условий произрастания одновременно вероятны перестройки структурного и видового составов растительного

покрова. Они могут проявиться в усилении травянистой составляющей и постепенным вытеснением из сообществ полукустарниковых видов.

Можно также предполагать, что с увеличением концентрации углекислого газа в атмосфере повышение интенсивности фотосинтеза, а отсюда и продуктивности растений в условиях пустыни будет лимитировано их низкой влагообеспеченностью и высоким температурным фоном. Для смягчения последствий возможной уязвимости пастбищ за счет одновременного воздействия климатического, а также других факторов среды антропогенного характера могут применяться охранные меры (для условно неизменной или слабоизмененной растительности) и восстановительные (для средне- и сильноизмененной). Основные охранные мероприятия в условиях аридной зоны - внедрение систем пастбищеоборотов с регулируемой нагрузкой скота. Кардинальными мерами по восстановлению природных кормовых угодий является поверхностное и коренное, в отдельных случаях полукоренное, их улучшение с посевом фитомелиорантов местной дикой флоры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бедарев С.А. Агрометеорология и луго-пастбищное хозяйство. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 253 с.
2. Быков В.А., Бедарев С.А. О рациональном использовании и улучшении пастбищ Северного Приаралья // Биологические основы использования и улучшения пастбищ Северного Приаралья. - Алма-Ата: Наука, 1968. - С. 127-132.
3. Быков Б.А. Экологический прогноз процессов опустынивания Турана // Тезисы докладов международного симпозиума "Борьба с опустыниванием путем комплексного развития". - Ташкент, 1981. - С. 169-171.
4. Грингоф И.Г. Пастбищные растения Кызылкума и погода // Тр. САРНИГМИ. - 1967. - Вып. 34 (49). - С. 140-143.
5. Кириченко Н.Г. Пастбища пустынь Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1980. - 268 с.
6. К национальному плану действия по борьбе с опустыниванием / И.О. Байтулин, Г.Б. Бектурова, Э.Ф. Госсен, Л.Я. Курочкина, Г.Б. Макулбекова, М.И. Рубинштейн // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 1. - С. 110-134.
7. Курочкина Л.Я. Псаммофильная растительность пустынь Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1978. - 271 с.
8. Лебедь Л.В., Беленкова З.С. Основы нестационарной модели сезонной урожайности природных пастбищ: Реферативный сборник / КазНИГМИ. Алматы, 1995. - Вып. 1. - С. 2-13. Деп. в КазгосИНТИ 5.03.95, № 5892-К-95.

9. Мирзадинов Р.А. Два новых метода прогноза изменений растительности при гидростроительстве / Растительность и пути регулирования ее деятельности. - Баку, 1986. - С. 37-39.
10. Нечаева Н.Т. Проблемы изучения, улучшения и использования пустынных пастбищ // Проблемы преобразования природы Средней Азии. - М., 1967. - С. 27-32.
11. Научно-методические указания по мониторингу земель Республики Казахстан / Л.И. Подольский, Р.А.Мирзадинов, Н.А. Лысенко и др. - Алма-Ата: ГосНПЦЗем, 1993. - 105 с.
12. Парниковые газы и изменение регионального климата Республики Казахстан: Отчет НИР (промежуточный) / КазНИИМОСК, отв. исполнитель О.В. Пилифосова. - ГР 0196 РК 00737. - Алматы, 1995. - 195 с.
13. Комплексная характеристика пастбищ пустынной зоны Казахстана / Под ред. Л.Я. Курочкиной, Л.В. Шабановой. - Алма-Ата: Наука, 1990. - 230 с.
14. Федосеев А.П. Климат и пастбищные травы Казахстана. - Л.: Гидрометеоиздат, 1964. - 306 с.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

Государственный научно-производственный центр земельных
ресурсов и землеустройства Республики Казахстан

ҚАЗАҚСТАН ЖАЙЫЛЫМЫНА КЛИМАТ ӨЗГЕРУІНІҢ ЫҚПАЛЫ ТУРАЛЫ

Геогр.ғ.канд. Л.В.Лебедь
З.С.Беленкова
Т.П.Турбачева

Парник әсерімен климаттың аймақтық өзгеру мүмкінділігі тікелей байланыстылығын ескере отырып, шөлдегі өрістердің осыған тәуелділігін Солтүстік Арал өңірі мысалында бағалауға әрекет жасалынған. Қазақстан аумағында келешекте климаттың өзгеру жолдарын есептеуге қазіргі заманғы GFDL (АҚШ) және CCCM (Канада) климат теориясының үпілері пайдаланылған. Табиғи факторлар мен антропогендік комплекстің бір мезгілде әсер ету салдарынан өрістік тәуелділік мүмкіндігінің зардабын жұмсарту үшін бірқатар қорғау шаралары ұсынылған.

УДК 556.18.004.14:551.588.7

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ, УЯЗВИМОСТЬ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ
АДАПТАЦИИ РЕСУРСОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД
БАСЕЙНА ИШИМА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННЫХ
ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА**

Канд. геогр. наук	И.И. Скоцеляс
Канд. геогр. наук	В.В. Голубцов
Канд. техн. наук	В.И. Ли

Дана краткая характеристика водопотребления в бассейне р. Ишим. Приведены результаты определения уязвимости ресурсов поверхностных вод по модели формирования стока с использованием антропогенных изменений климата, полученных по моделям ОЦА, а также инкрементальных сценариев. Рассмотрены возможности ее ослабления путем водосбережения, увеличения забора подземных вод и осуществления других мер адаптации.

Бассейн р. Ишим занимает часть территории Северного Казахстана и Тюменской области Российской Федерации (РФ). Площадь водосбора реки в пределах Казахстана 124600 км². Рельеф в основном равнинный. Климат резко континентальный, засушливый. Ресурсы поверхностных вод небольшие. В среднем, по данным Казгипроводхоза, они составляют 2308 млн м³, из них 77,9 млн м³ формируется в бессточных районах с площадью 16260 км². Средний многолетний расход воды на границе с Российской Федерацией равен 70,7 м³/с. Основными притоками р. Ишим являются Колутон, Жабай, Терсаккан, Акканбурлук, Иманбурлук, Каракол, Жаманкайрақты. В бассейне много озер, водохранилищ, прудов. Наиболее крупные водохранилища - Сергеевское и Вячеславское. Их емкости соответственно равны 693 и 411 млн м³.

Ресурсы поверхностных вод бассейна играют важную роль в хозяйственной деятельности. Они широко используются для удовлетворения потребности в воде населения, промышленности, энергетики, сельского и рыбного хозяйства. В значительной зависимости от них находятся степень освоения отдельных районов, возможности дальнейшего развития производительных сил, биоразнообразие, равновесие природных экосистем. По валовому водопотреблению первое место занимает энергетика (1086 млн м³), второе - промышленность (259 млн м³). В этих отраслях хозяйства применяются системы

оборотного водоснабжения, что позволяет существенно экономить ресурсы поверхностных вод. Так, на долю оборотного водопотребления в энергетике приходится 96,4 % (1047 млн м³); в промышленности 73,6 % (191 млн м³) потребляемой воды. В целом по казахстанской части бассейна р. Ишим валовое водопотребление всеми секторами экономики составляет 1991 млн м³.

Водопотребление свежей воды, т.е. забираемой из поверхностных и подземных источников, наиболее значительно в орошаемом земледелии (табл.1). На его долю приходится 50,9 % (377 млн м³) всего водопотребления (741 млн м³), или 48 % общего водозабора в бассейне (786 млн м³). Регулярное орошение осуществляется на площади 53,0 тыс. га, лиманное используется на 56,4 тыс. га. При этом соответственно расходуется 201 и 176 млн м³ воды. Мелиоративное состояние 79,2 % площадей регулярно орошаемых земель хорошее, 16,2 % - удовлетворительное, 4,6 % - неудовлетворительное. На 78,8 % этих земель имеются инженерные системы, на 10,0 % - полунинженерные, на 11,2 % - неинженерные. Коэффициент полезного действия (КПД) инженерных систем в среднем равен 0,83. В лиманном орошении преобладают полунинженерные системы (75,4 %).

В коммунальном хозяйстве при суммарном водопотреблении 85,3 млн м³ используется 79,2 млн м³ питьевой воды, из них 3,79 млн м³ для производственных целей. На сельскохозяйственное водоснабжение расходуется 83,1 млн м³ свежей воды. Между потребителями этот объем распределяется следующим образом: 30,0 млн м³ приходится на коммунальный сектор, 36,4 млн м³ - на животноводство, 3,62 млн м³ - на производственные нужды и 9,07 млн м³ - на обводнение пастбищ. Централизованные системы водоснабжения имеются только в 56 % сельских населенных пунктов, а канализационные сети - лишь в 6 городах.

Транспортные потери свежей воды составляют около 2 % (16,6 млн м³) общего водозабора. Примерно половина этих потерь допускается в сельском хозяйстве, в частности 5,09 млн м³ при сельскохозяйственном водоснабжении.

Водоотведение использованных вод во всех секторах экономики составляет 17 % водозабора. Основная часть сточных вод формируется в коммунальном хозяйстве (40 %) и промышленности (28 %). Они сбрасываются в реки, водоемы, понижения рельефа. Очистку проходят лишь воды, поступающие в поверхностные водные объекты. Практическое применение сточных вод пока весьма ограничено.

Использование свежей воды отраслями хозяйства на конец базисного периода
(по "Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Ишим",
разработанной Казгипроводхозом в 1990 году), млн м³

Отрасль хозяйства	Водозабор из источников			Водопотребление	Транспортные потери	Водоотведение
	поверхностных	подземных	всего			
Промышленность	64,6	7,13	71,8	68,4	3,41	38,7
Энергетика	40,1	1,38	41,5	39,6	1,90	0,76
Коммунальное хозяйство	83,2	4,87	88,1	85,3	2,78	54,6
Сельхозводоснабжение	75,1	42,0	117	83,1	5,09	16,1
Орошаемое земледелие	380	0,95	381	377	3,42	22,0
Рыбное хозяйство	9,00		9,00	9,00		4,00
Санитарные попуски	31,6		31,6	31,6		
Подпитка обводнительной системы Иманбурлук-Тарангул	46,4		46,4	46,4		
Всего	730	56,3	786	741	16,6	136

Хозяйственная деятельность в бассейне р. Ишим уже в настоящее время не обходится без привлечения стока извне. Переброска стока производится из рек Нура (по каналу Нура-Ишим), Тобол (по Пресновскому водоводу) и Селетинского водохранилища. В свою очередь, часть ишимского стока по групповым водопроводам направляется на сельскохозяйственное водоснабжение и регулярное орошение за пределы бассейна. При дальнейшем развитии хозяйственной деятельности, как показали проработки Казгипроводхоза в "Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Ишим", дефицит свежей воды будет нарастать. Кроме того, в отдаленной перспективе на ресурсы поверхностных вод определенное влияние могут оказать антропогенные изменения климата, связанные с ростом концентрации парниковых газов в земной атмосфере. На такую возможность указывают приведенные ниже результаты оценки уязвимости рассматриваемых ресурсов. Подтверждается она и исследованиями для других бассейнов. Так, на 20-30 % может уменьшится сток рек Тобол, Уба и Ульба [1, 3].

Для оценки уязвимости ресурсов поверхностных вод бассейна р. Ишим использована модель формирования стока равнинных рек, разработанная в КазНИИМОСК в 1996 году. Антропогенные изменения климата были приняты в виде сценариев, полученных с помощью равновесных моделей общей циркуляции атмосферы (ОЦА) при условии увеличения содержания углекислого газа в земной атмосфере в два раза. Это модели GFDL, GISS, UKMO. Первая из них создана в Геофизической лаборатории динамики жидкости (США), вторая - в Годдарском институте космических исследований (США), третья - в Метеорологическом агентстве Соединенного Королевства (Англия). Кроме того, дополнительно использованы так называемые инкрементальные сценарии, с заданными изменениями средней годовой температуры воздуха (Δt) и годовых сумм атмосферных осадков (Δx): температура воздуха увеличится на 3°C , атмосферные осадки уменьшатся на 20 %; температура воздуха повысится на 2°C , осадки на 20 %; температура воздуха останется без изменения, осадки возрастут на 20 %. Это сделано с целью более широкого охвата диапазона возможных антропогенных изменений климата. Так, самый жесткий сценарий, характеризующий наибольшую аридизацию климата, получен по модели UKMO. По этой модели при удвоении концентрации CO_2 повышение среднегодовой температуры воздуха составит $7,5 - 7,6^{\circ}\text{C}$, атмосферные осадки на большей части территории будут такими же, как и в современных условиях, или немного меньше. Другая крайность возможного состояния климата в рассматриваемом диапазоне представлена вариантом увеличения осадков на 20 % при неизменном температурном режиме.

Результаты оценки уязвимости ресурсов поверхностных вод в бассейнах Ишима и его притоков приведены в табл. 2 и 3. По ним

отчетливо прослеживается сокращение объема поверхностных вод по мере роста аридности климата. Наиболее неблагоприятная ситуация может сложиться, если изменение климата будет развиваться по модели УКМО. В этом случае ресурсы поверхностных вод бассейна Ишима уменьшатся на 73 %. Большое сокращение ресурсов, на 60 %, произойдет также при повышении температуры воздуха на 3 °С и снижении осадков на 20 %. До 34 - 37 % их убыль возможна при осуществлении сценариев, полученных по моделям GISS и GFDL. Наиболее уязвимыми, по-видимому, окажутся реки с малой водоносностью (см. табл. 2 и данные по соседней р. Тобол [1]). Эта тенденция особенно четко выражена при УКМО - и GFDL - сценариях. Ресурсы поверхностных вод не уменьшатся лишь при возрастании температуры воздуха в пределах 2 °С при условии одновременного увеличения осадков на 20 %.

Во внутригодовом ходе стока рек почти по всем сценариям следует ожидать уменьшения водности в самые многоводные месяцы (апрель, май). С повышением засушливости климата (сценарии GFDL, GISS, УКМО) будет наблюдаться сдвигка во времени весеннего половодья и небольшое выравнивание относительного (в процентах от годового) распределения стока. Самым многоводным месяцем станет март. Это, в частности, видно по данным, приведенным в табл. 4 для р. Ишим у г. Акмола.

По исследованиям климатологов КазНИИМОСК [2], из использованных моделей общей циркуляции атмосферы для условий Казахстана лучше подходит модель GFDL. Уменьшение ресурсов поверхностных вод бассейна Ишима по сценарию изменения климата, соответствующему этой модели, составит 37 %. То есть даже не по самому худшему сценарию уязвимость рассматриваемых ресурсов может оказаться значительной. В связи с этим во всех отраслях хозяйства необходимо будет предпринять меры для ослабления негативных последствий уязвимости ресурсов поверхностных вод, а также для поддержки дальнейшего развития хозяйственной деятельности, охраны окружающей среды, сокращения социальных потерь, повышения оперативности принятия решений.

Оценку некоторых адаптационных мер можно дать, основываясь на расчетных данных, полученных Казгипрводхозом при разработке "Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Ишим". Схема предусматривает дальнейшее развитие хозяйственной деятельности на период до 2005 года. Однако из-за экономических трудностей, переживаемых Казахстаном в настоящее время, ее практическая реализация, по-видимому, отодвинется на более отдаленную перспективу. Поэтому данные Казгипрводхоза представляют определенный интерес и при оценке адаптационных мер в случае антропогенного изменения климата.

Изменение ресурсов поверхностных вод бассейнов Ишима и его притоков при антропогенных изменениях климата по моделям общей циркуляции атмосферы

Река-створ	Ресурсы поверхностных вод, млн м ³				Изменение ресурсов поверхностных вод, %		
	в естественных условиях	при изменении климата по модели			GFDL	GISS	UKMO
		GFDL	GISS	UKMO			
р. Ишим - г. Акмола	183	107	89,6	45,4	-41	-51	-75
р. Жабай - г. Атбасар	189	129	134	60,9	-32	-29	-68
р. Колутон - с. Колутон	189	125	153	50,9	-34	-19	-73
р. Иманбурлук - с. Соколовка	74,7	38,5	42,6	13,9	-48	-43	81
р. Ишим - граница с РФ	2308	1454	1523	623	-37	-34	73

Изменение ресурсов поверхностных вод бассейнов Ишима и его притоков при заданных приращениях температуры воздуха (Δt) и атмосферных осадков (Δx)

Река-створ	Ресурсы поверхностных вод, млн м ³			Изменение ресурсов поверхностных вод, %			
	в естественных условиях	при изменении климата			$\Delta t=0^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=20\%$	$\Delta t=2^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=20\%$	$\Delta t=3^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=-20\%$
		$\Delta t=0^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=20\%$	$\Delta t=2^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=20\%$	$\Delta t=3^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=-20\%$			
р. Ишим - г. Акмола	183	251	196	67,7	37	7	-63
р. Жабай - г. Атбасар	189	259	212	83,3	37	12	-56
р. Колутон - с. Колутон	189	271	223	68,1	43	18	-64
р. Иманбурлук - с. Соколовка	74,7	125	103	33,6	67	38	-55
р. Ишим - граница с РФ	2308	3300	2654	923	43	15	-60

Внутригодовое распределение стока р. Ишим у г. Акмола, (в процентах годового стока)

Месяц	Сценарий изменения климата						
	Фактический	$\Delta t=0^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=20\%$	$\Delta t=2^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=20\%$	$\Delta t=3^{\circ}\text{C}$, $\Delta x=-20\%$	GFDL	GISS	УКМО
01	0,02	0,03	0,4	2,1	1,6	7,8	9,2
02	0,02	0,03	0,02	1,1	0,8	17,7	9,2
03	1,6	1,2	8,4	26,2	47,5	21,0	43,0
04	75,2	72,9	71,3	45,5	24,5	6,9	14,3
05	14,4	17,6	7,9	8,3	4,9	13,4	7,0
06	3,2	2,9	3,7	6,2	6,6	11,2	5,7
07	2,8	2,7	3,5	5,0	8,3	10,0	3,4
08	1,0	1,0	1,3	1,7	1,2	3,2	0,4
09	0,4	0,4	0,5	0,7	0,8	1,3	0,7
10	0,4	0,4	0,5	0,6	1,2	1,2	0,4
11	0,4	0,4	0,6	0,9	0,9	1,4	1,6
12	0,5	0,4	1,9	1,8	1,7	4,9	5,1

В связи с ограниченностью и уязвимостью ресурсов поверхностных вод бассейна р. Ишим адаптация хозяйственной деятельности к новым условиям обязательно, и в первую очередь должна включать водосбережение. Для этого потребуются повысить КПД мелиоративных систем, более рационально использовать площади орошаемых земель, ликвидировать утечки воды в водопроводных и канализационных сетях, снизить нормы водопотребления путем широкого внедрения безводных и маловодных технологий, оборотных циклов, повторно-последовательного водоснабжения.

Осуществление перечисленных мер позволит сэкономить 132 млн м³ свежей воды (5,7 % располагаемых в настоящее время ресурсов поверхностных вод): 11,9 млн м³ на повышение КПД мелиоративных систем, 43,3 млн м³ на рациональное использование площадей орошаемых земель, 24,4 млн м³ на устранение утечек воды в водопроводно-канализационных сетях и оборудовании, 7,58 млн м³ на снижение удельного водопотребления в промышленности, 45,2 млн м³ на использование возвратных вод, промышленно-бытовых и коллекторно-дренажных стоков. При этом капитальные вложения в водосбережение составят примерно 8,1 млрд тенге (107 млн долларов США). Наибольшие затраты будут связаны с мерами, направленными на снижение норм водопотребления. По оценке Казгипроводхоза, они составят 3287 млн тенге (43,5 млн долларов).

Водосбережение позволит почти полностью покрыть уменьшение ресурсов поверхностных вод в тех случаях, когда увеличение среднегодовой температуры воздуха не превысит 2 °С, а атмосферные осадки возрастут не менее, чем на 20 %. Однако для дальнейшего развития хозяйственной деятельности сэкономленной воды и в этом случае будет недостаточно, в связи с чем представляют интерес также рассмотренные в упоминавшейся "Схеме" возможности увеличения располагаемых водных ресурсов путем наращивания межбассейновых перебросок стока, дополнительного его регулирования, повышения отбора подземных вод. Для достижения этой цели должны быть построены новые водоводы, в частности из канала Иртыш-Караганда, Бузулукское водохранилище (выше г. Есиль), водозаборные сооружения.

Переброска стока в бассейн Ишима предусматривается в объеме 232 млн м³, в том числе 229 млн м³ из канала Иртыш-Караганда для удовлетворения потребностей Акмолинского промышленного района (65,0 млн м³) и планируемой к строительству Торгайской ГРЭС (133 млн м³). При этом дополнительное привлечение стока извне по сравнению с современным этапом должно составить 213 млн м³. В то же время намечается изъять из бассейна Ишима для хозяйственных нужд за его пределами 139 млн м³ воды, или на 108 млн м³ больше, чем в базисный период. Следовательно, в результате всех межбассейновых перебросок стока ресурсы поверхностных вод бассейна р. Ишим возрастут только на 105 млн м³. Регулирование стока р. Ишим Бузулукским

водохранилищем повысит располагаемые для использования ресурсы на 135 млн м³. Отбор подземных вод увеличится на 43,4 млн м³, что составит около 49 % их разведанных и утвержденных запасов (87,8 млн м³/год).

Таким образом, в перспективе в результате мероприятий по увеличению отбора подземных вод, переброски и регулирования стока на развитие хозяйственной деятельности предполагается дополнительно расходовать 391,7 млн м³, в том числе непосредственно в бассейне Ишима 283 млн м³. Это составит соответственно 17,0 и 12,3 % современных ресурсов поверхностных вод. На осуществление намеченных проектов, без учета стоимости переброски стока в другие бассейны, потребуется около 39,7 млрд тенге (525 млн долларов) капитальных вложений, из них 23,4 млрд тенге (309 млн долларов) на прирост водозаборов подземных вод, 9,5 млрд тенге (126 млн долларов) на переброски иртышского стока, 6,8 млрд тенге (89,9 млн долларов) на регулирование стока Бузулукским водохранилищем.

При изменении климата по модели GFDL увеличения водных ресурсов в результате предусматриваемых перебросок стока, его регулирования и повышения объемов водозаборов подземных вод также будет недостаточно не только для развития хозяйственной деятельности, но и даже для покрытия уязвимости ресурсов поверхностных вод. Коренным образом ситуация не улучшится и при прекращении водоподачи в другие бассейны. В этом случае, даже с учетом экономии воды, покрытие уязвимости ресурсов поверхностных вод составит 18 % (415 млн м³) при необходимых 37 %. Для полной компенсации очевидно потребуется привлечение значительно большего объема иртышского стока. При этом реальная возможность увеличения переброски стока во многом будет определяться изменениями в будущем ресурсов поверхностных вод в бассейне р. Иртыш.

Приведенные данные об использовании, уязвимости ресурсов поверхностных вод и мерах адаптации позволяют сделать следующие выводы:

- в бассейне р. Ишим из-за ограниченности собственных ресурсов поверхностных вод уже на современном этапе для использования в процессе хозяйственной деятельности привлекается часть стока извне;
- ресурсы поверхностных вод бассейна р. Ишим могут значительно уменьшиться под влиянием антропогенных изменений климата, в частности по GFDL-сценарию на 37 %;
- вследствие уязвимости ресурсов поверхностных вод дальнейшее развитие хозяйственной деятельности в бассейне будет возможно только при относительно небольших антропогенных изменениях климата, поэтому важное значение имеет сокращение эмиссии парниковых газов;
- существенно ослабить последствия уязвимости ресурсов поверхностных вод могут такие меры, как водосбережение во всех

отраслях экономики, переброска стока из канала Иртыш-Караганда, дополнительное регулирование стока в бассейне р. Ишим, увеличение отбора подземных вод;

- при использовании ресурсов поверхностных вод в условиях антропогенных изменений климата значительно больше внимания придется уделять водоохранным мероприятиям, регулированию взаимоотношений между водопользователями, созданию специальных компенсационных фондов, экологической экспертизе новых проектов.

В связи с изложенным во избежание кризисных ситуаций в бассейне р. Ишим при долгосрочном планировании хозяйственной деятельности необходимо учитывать уязвимость ресурсов поверхностных вод и ограниченность возможных адаптационных мер в условиях антропогенного изменения климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубцов В.В., Ли В.И., Скоцеляс И.И. Об использовании модели формирования стока для оценки влияния антропогенных изменений климата на ресурсы поверхностных вод // Гидрометеорология и экология. - 1996. - №4. - С. 132-137.
2. Долгих С.А., Пилифосова О.В. О методах оценки ожидаемых изменений глобального климата и сценарии изменения климата Казахстана // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 4. - С. 94-109.
3. Golubtsov V.V., Lee V.I., Skotselyas I.I. Vulnerability Assessment of Kazakhstan to Anthropogenic Climate Change and the Structure of Adaptation Measures // Water Resource Development. - 1996. - Vol. 12, № 2. - P. 193-208.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

КЛИМАТТЫҢ АНТРОПОГЕНДІК ӨЗГЕРУ ЖАҒДАЙЫНДА ЕСІЛ АЛҚАБЫНДАҒЫ ЖЕР БЕТІ СУ ҚОРЛАРЫН ПАЙДАЛАНУ, ОЛАРДЫҢ ТӘУЕЛДІЛІГІ ЖӘНЕ МҮМКІНДІК ЖОЛДАРЫ

Геогр. ғ. канд. И.И. Скоцеляс
Геогр. ғ. канд. В.В. Голубцов
Техн. ғ. канд. В.И. Ли

Есіл өзенінің алқабында суды пайдаланудың қысқаша сипаттамасы берілген. Берілген сценарий бойынша атмосфераның жалпы айналым үлгісі арқылы алынған климаттың антропогендік өзгеруін пайдалана отырып ағынның қалыптасу үлгісімен жер беті су қорларының тәуелділігін анықтау қорытындысы келтірілген. Бұл тәуелділікті төмендету үшін суды сақтау, жер асты суларын алуды көбейту және басқа да бейімдеу шаралары қарастырылған.

УДК 551.588.7 (574)

ОБ ИТОГАХ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ С ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН В 1990 ГОДУ

Д. Ю. Данчук

По данным инвентаризации 1990 года проведен анализ эмиссии парниковых газов в Казахстане. Показано, что суммарные выбросы парниковых газов составляют более 200 млн т CO_2 - эквивалента и основным их источником является энергетика. Сжигание угля обуславливает 2/3 эмиссий CO_2 . Сделан прогноз выбросов парниковых газов в атмосферу.

Интенсивное развитие промышленности во всем мире во второй половине нынешнего столетия, сопровождающееся резким увеличением сжигания ископаемого топлива, привело к значительному росту концентрации парниковых газов (ПГ) в атмосфере. По сравнению с пятидесятыми годами, она возросла на 12 %, что ощутимо повлияло на радиационный баланс Земли [1]. Усиление парникового эффекта в совокупности с другими факторами с высокой вероятностью ведет к глобальному потеплению климата. Потенциальное воздействие климатических изменений, прежде всего колебания температурно-влажностного режима у поверхности Земли, могут привести к негативному влиянию на социально-экономическое развитие многих стран.

Казахстан как страна, подписавшая и ратифицировавшая в 1995 году Рамочную Конвенцию по изменению климата (РКИК), должна разрабатывать и периодически публиковать национальную инвентаризацию антропогенных эмиссий и стоков парниковых газов. В связи с этим была проведена национальная инвентаризация источников и расчет выбросов 6-ти парниковых газов и их групп за 1990 год, принятый за базовый [4, 5, 6, 8].

К этой работе были привлечены эксперты из Минэнерго, Минсельхоза, Минэкономторга и ряда других ведомств, что позволило в короткие сроки собрать необходимые данные, сделать оценку хода эмиссий на текущее десятилетие и получить опыт межведомственного взаимодействия. Методологической основой исследования стало "Руководство Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК)". В соответствии с этим руководством казахстанская инвентаризация классифицирована по пяти основным категориям источников парниковых газов: энергетическая деятельность, промышленные процессы, сельское хозяйство, изменение землепользования и лесное

хозяйство, утилизация отходов. В инвентаризации рассчитаны выбросы шести парниковых газов и групп соединений: диоксида углерода (CO_2), метана (CH_4), закиси азота (N_2O), окиси углерода (CO), оксидов азота (NO_x), а также неметанных летучих органических соединений (НЛОС). Диоксид углерода, метан и закись азота - это ПГ прямого действия, остальные газы и группы имеют косвенный парниковый эффект. По состоянию на конец восьмидесятых годов, вклад эмиссий диоксида углерода в предполагаемый парниковый эффект составил 66 %, метана 17 %, закиси азота 5 %, остальные 12 % пришлось на долю хлорфторуглеводородов [9].

Казахстанская инвентаризация содержит расчеты эмиссии диоксида углерода, выполненные с использованием двух подходов. Первый из них рекомендован МГЭИК и носит название "сверху-вниз". Выбросы рассчитывались по каждому типу топлива и суммировались. При подходе "снизу-вверх" расчеты эмиссий велись по отдельным отраслям и классам источников, а затем также суммировались. Применение двух подходов позволяет судить, в первом случае, о топливном спектре эмиссии диоксида углерода, а во втором - об отраслевом спектре выбросов. При любом подходе, расчет эмиссий диоксида углерода может быть проиллюстрирован следующей формулой:

$$M = 3,67 \cdot 10^{-3} \cdot E \cdot C \cdot O, \quad (1)$$

где $3,67 \cdot 10^{-3}$ - переводной множитель из углерода в диоксид углерода, относительные единицы; M - масса эмиссии диоксида углерода, тыс. т; E - энергетическое содержание топлива, ПДж; C - содержание углерода, т/ПДж; O - окисленная фракция углерода, относительные единицы.

В свою очередь, энергетическое содержание топлива может быть получено при помощи одной из формул

$$E = M' \cdot K, \quad (2)$$

$$E = 29,3 \cdot 10^{-3} \cdot M' \cdot (T' / 2,93), \quad (3)$$

где M' - масса топлива, т; K - коэффициент энергетического содержания, ТДж / т; $29,3 \cdot 10^{-3}$ - коэффициент пересчета, ТДж / т; T' - удельная теплота сгорания топлива, МДж/кг; 2,93 - удельная теплота сгорания условного топлива, МДж/кг. Формула (3) использовалась нами для расчетов выбросов от энергетики, для которой имелись самые подробные данные о потреблении топлива.

Эмиссии метана рассчитывались для топливной промышленности и сельского хозяйства. Для расчета выбросов CH_4 при добыче угля и углеводородного топлива масса извлеченного сырья

умножалась на коэффициент выбросов, зависящий от способа добычи угля или стадии переработки в нефтегазовом комплексе. Выбросы метана от животноводческих хозяйств получены умножением поголовья скота (крупного рогатого, овец и др.) на соответствующие коэффициенты, учитывающие такие основные факторы, как кормовая база и температурные условия. При расчете эмиссии метана с рисовых чеков учитывался тип затопления плантаций, их площадь и период вегетации риса.

Эмиссии закиси азота при сгорании ископаемого топлива получены для угля, нефтепродуктов и газа. Выбросы таких парниковых газов с косвенным эффектом, как окись углерода и оксиды азота взяты из таблиц государственной статистической отчетности, поскольку эти газы являются токсичными и подлежат учету в соответствии с нормами Республики Казахстан. Эмиссии НЛОС известны только для двигателей внутреннего сгорания. Ниже подробнее рассматриваются результаты расчетов для основных источников ПГ.

Три четверти мировых антропогенных выбросов CO_2 происходит при сжигании топлива для энергетических целей. Главнейшим источником выбросов в Казахстане является энергетика, которой посвящена глава в национальной инвентаризации "Энергетическая деятельность". Основной особенностью энергетики в Казахстане является преобладание в топливном балансе угля, который имеет наибольший коэффициент выброса углерода в расчете на единицу энергетического содержания топлива. В инвентаризации рассмотрены эмиссии ПГ от 46 тепловых электростанций и крупных котельных, находившихся в подчинении Минэнергоресурсов Казахстана. В качестве исходных данных использовались расходы топлива каждым из энергопредприятий в 1990 году. В проведенных расчетах учитывалась удельная теплота сгорания различных типов топлива. Для нефтепродуктов эти значения составили 4,00-4,35 МДж/кг, для природного газа 3,06-3,44 МДж/кг и для угля 1,24-2,20 МДж/кг. Результаты по каждой электростанции и котельной суммировались. Содержание углерода для углеводородного топлива принималось согласно МГЭИК, а для угля (лигнита) Минэнергоресурсов рекомендовало значение 27,1 т углерода на тераджоуль, что несколько меньше коэффициента МГЭИК для лигнита (27,6 т углерода на тераджоуль). Окисленная фракция углерода, т. е. фракция, подвергшаяся окислению в CO_2 , принималась за 0,99, однако для других отраслей использовалось значение 0,95, поскольку эффективность сжигания угля высока лишь на электростанциях [5]. По нашим расчетам, эмиссия диоксида углерода от энергопредприятий Минэнергоресурсов составила 93159 тыс. т, доля угля составляет 80,9 %, мазута и газа соответственно 9,7 % и 9,4 %.

Из 11 предприятий нефтегазового комплекса диоксид углерода выбрасывали в 1990 году практически только 3 объекта - казахстанские нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ). Зная массу переработанного

на НПЗ сырья и долю топлива, пошедшего на собственные нужды этих предприятий (3,0 %, из них 1,6 % - мазут и 1,4 % - газ), нетрудно подсчитать выбросы диоксида углерода от нефтегазового топлива. Эмиссия составила 1052 тыс. т. Выбросы диоксида углерода от промышленных источников составили эмиссии нескольких основных отраслей. В сфере черной и цветной металлургии использованы данные о потреблении топлива 21 предприятием. Наибольшие расходы топлива были у Карагандинского металлургического, Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного и Усть-Каменогорского свинцово-цинкового комбинатов. Эмиссия от металлургических предприятий составила 9959 тыс. т, причем 56,9 % из них обусловлено сжиганием угля и 43,1 % - мазута и газа (углеводородного топлива). Из 7 рассмотренных объединений химической промышленности наибольшими расходами топлива и, следовательно, эмиссиями диоксида углерода обладали акционерные общества "Фосфор" и "Каратау". Всего в 1990 году от источников химической промышленности выброшено в атмосферу 1848 тыс. т диоксида углерода. Для этой отрасли характерно преобладание углеводородного топлива: 71,3 % эмиссий обусловлено сжиганием газа, 26,3 - мазута, и только 2,4 % - при сжигании угля.

В перечень предприятий промышленности строительных материалов вошли асбестовые, цементные, кирпичные и гипсовые производства. Характерной особенностью расчетов для этой отрасли стало то, что эмиссии диоксида углерода от кирпичных заводов определялись со значением окисленной фракции углерода, равным 0,76. Из-за особенностей устаревшей технологии при обжиге кирпича около 20 % угля не сгорает, не окисляется в диоксид углерода, что и нашло отражение в расчетах. Всего эмиссия при производстве стройматериалов составила 5317 тыс. т, доля угля была равна 55,9 %, доля углеводородного топлива 44,1 %.

Машиностроение в Казахстане потребляло относительно немного топлива. Предприятия этой отрасли выбросили в атмосферу 286 тыс. т диоксида углерода, 45,2 % эмиссий произошли при сжигании кокса, остальные 54,8 % - угля, мазута и газа. При расчете выбросов от источников легкой и пищевой промышленности как исходный материал был использован совокупный расход топлива для этой отрасли. Из 14865 тыс. т эмиссий 80,6 % произошли при сжигании угля, 12,6 % - мазута и 6,8 % - газа.

В инвентаризации отдельно были рассчитаны эмиссии диоксида углерода от двигателей внутреннего сгорания на автомобильном, железнодорожном, водном и воздушном транспорте, а также от строительных и сельскохозяйственных механизмов. Выбросы составили 32471 тыс. т. Топливная структура этих эмиссий такова: 59,3 % обусловлено использованием дизельного топлива, 35,8 % - бензина, 4,6 % - керосина и 0,3 % - авиационного топлива. В жилищно-коммунальном секторе Казахстана в 1990 году использовано около

десяти типов топлива. Среди них дрова, солома, а также гузапая - сухие стебли и коробочки хлопчатника. Сжигание этого топлива из биомассы привело к эмиссии диоксида углерода, равной 3182 тыс. т. Это значение, согласно методологии МГЭИК, не вошло в итоговую сумму национальных выбросов диоксида углерода [8]. Использование ископаемого топлива для нужд населения привело к выбросу 31171 тыс. т диоксида углерода, 86,5 % эмиссий произошло при сжигании угля, 6,9 % - газа, 4,9 % - мазута и 1,7 % - другого углеводородного топлива.

Сжигание топлива для энергетических целей в Казахстане в 1990 году привело к эмиссии диоксида углерода, равной 190116 тыс. т, вклад при сгорании лигнита составляет 64,7 %, 10,2 % - дизельного топлива, 9,5 % - мазута, 8,4 % - газа. Остальные 7,2 % эмиссий диоксида углерода были обусловлены использованием других типов топлива, прежде всего бензина [6].

В соответствии с рекомендациями МГЭИК, отдельно рассчитывались так называемые летучие эмиссии, или выбросы метана при энергетической деятельности. Они включили выбросы метана в атмосферу от нефтегазового комплекса, угольных шахт и разрезов. Эмиссии метана при добыче, транспортировке, переработке и использовании углеводородного сырья в 1990 году составили 152 тыс. т, из них 94,9 % - это выбросы из газовых систем, 5,1 % - связаны с нефтью. Интересно отметить, что итоговое значение массы выбросов для нефтегазового комплекса превышает на 10 % аналогичную величину от местных источников. Эмиссии метана угольной промышленности объединили выбросы как из шахт, так и из открытых разрезов. Всего при добыче угля в Казахстане в 1990 году выброшено в атмосферу 751,7 тыс. т метана, из них при подземной добыче 84,0 % и при добыче открытым способом 16,0 %. Для Карагандинского бассейна (вся подземная добыча угля в Казахстане) по данным Минэнерго ресурсов суммарная эмиссия метана на 10 % превышает полученную по методике МГЭИК. Всего летучие эмиссии для Казахстана составили 903,7 тыс. т, 83,2 % обеспечено угольной промышленностью и 16,8 % - нефтегазовым комплексом.

По рекомендации МГЭИК, отдельно выделяются эмиссии диоксида углерода при технологических процессах, когда не происходит сжигания топлива. Подобные эмиссии объединены в главе "Промышленные процессы". Для Казахстана рассчитаны эмиссии диоксида углерода при производстве цемента и карбида. В первом случае для расчета использовался коэффициент МГЭИК, во втором - расчет выполнен с учетом химического процесса получения карбида. Всего технологические эмиссии CO_2 в 1990 году составили 4349 тыс. т, из них 95,1 % обусловлено производством цемента и 4,9 % - карбида.

В главу инвентаризации «Сельское хозяйство» вошли эмиссии метана. Анаэробное разложение органического материала на

периодически затопляемых рисовых чеках общей площадью 120 тыс. га вызвало в 1990 году эмиссию 58,2 тыс. т метана. Выбросы от животноводческих хозяйств составили 774,7 тыс. т метана, 89,4 % которых обусловлены кишечной ферментацией животных и 10,6 % - отходами животноводства. На долю мясного крупного рогатого скота пришлось 37,1 % эмиссии метана, 24,4 % дало овцеводство, 31,3 % - от молочного скота, 4,2 % - коневодческие фермы, 3,0 % внесли свиноводческие хозяйства, птицефабрики, а также разведение верблюдов. Суммарные выбросы метана от источников сельского хозяйства равны 833,5 тыс. т, из которых 94,3 % - эмиссии от животноводства и 5,7 % - выбросы с рисовых плантаций [4].

Глава "Утилизация отходов" также содержит данные о выбросах метана, которые рассчитывались отдельно для складирования твердых бытовых отходов (мусорных свалок) и переработки сточных вод. На 10 млн городских жителей Казахстана в год приходилось 1847 тыс. т мусора, 80 % которых было вывезено на свалки. Учитывая массу содержания углерода в отходах и массу фактического разложения, получено, что эмиссия метана с мусорных свалок в 1990 году составила 108,2 тыс. т. В очистных сооружениях анаэробному (без доступа воздуха) разложению подверглось только 10 % сточных вод, что вызвало эмиссию метана в 3,3 тыс. т. Всего при утилизации отходов в Казахстане в 1990 году выброшены в атмосферу 111,5 тыс. т метана, из них 97 % с мусорных свалок и 3 % из очистных сооружений.

Несмотря на малочисленность лесов Казахстана, в главе «Изменение землепользования и лесное хозяйство» содержатся подробные расчеты баланса эмиссии и поглощения диоксида углерода зеленой массой. Методология МГЭИК по расчистке лесов выжиганием использована для учета выбросов ПГ при лесных пожарах [6]. В результате расчетов получено, что эмиссия диоксида углерода из-за лесных пожаров, в пересчете на 1990 год, составила 616,2 тыс. т, из них 32,9 % обусловлено непосредственно горением и 67,1 % - разложением остаточной биомассы на пожарищах. Поглощение диоксида углерода зеленой массой в 1990 году составило 4627 тыс. т, и 4011 тыс. т - лесами за вычетом выбросов от лесных пожаров.

Табл. 1 обобщает результаты казахстанской инвентаризации. Массы эмиссий приведены в CO_2 -эквиваленте. В этот эквивалент пересчитываются только выбросы газов с прямым парниковым эффектом, чтобы можно было складывать эмиссии диоксида углерода, метана и закиси азота и получать суммарную эмиссию. При этом используется значение потенциала глобального потепления (GWP). Это относительная величина, которая показывает вклад в парниковый эффект того или иного ПГ прямого действия: GWP принят равным 1 для CO_2 , 24,5 для CH_4 , и 320 для N_2O [8]. Для получения массы эмиссий в CO_2 -эквиваленте масса ПГ на молекулярной основе умножалась на значение соответствующего потенциала GWP. Как и

следовало ожидать, основная масса выбросов ПГ пришлось на диоксид углерода (80,4 %), доля метана 19,3 %, закиси азота 0,3 %. Основными источниками эмиссий диоксида углерода являются энергетика (48,0 %), двигатели внутреннего сгорания (16,7 %), промышленность (16,6 %) и жилищно-коммунальный сектор (16,0 %). Если принять выбросы от промышленных предприятий за 100 %, то на долю легкой и пищевой промышленности пришлось 46,1 %, 30,8 % составили выбросы от черной и цветной металлургии, 16,5 % - промышленности строительных материалов, 5,7 % - химической, и 0,9 % - машиностроения. На долю промышленных процессов (не связанных со сжиганием топлива) и нефтегазового комплекса приходится 2,7 % выбросов основного ПГ. Поглощение диоксида углерода лесами составило всего 2,1 % суммарных выбросов.

Таблица 1

Эмиссии парниковых газов с прямым эффектом в Казахстане
в 1990 году, тыс. т CO₂ - эквивалента

Источники ПГ	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Все ПГ
Энергетическая деятельность				
Черная и цветная металлургия	9959,0	—	35,2	9994,2
Химическая промышленность	1848,0	—	2,2	1850,2
Промышленность строительных материалов	5317,0	—	18,6	5335,6
Машиностроение	286,0	—	1,0	287,0
Легкая и пищевая промышленность	14865,0	—	62,1	14927,1
ИТОГО эмиссии от промышленности	32275,0	—	119,1	32394,1
Энергетика	93159,0	—	370,6	93529,6
Нефтегазовый комплекс	1052,0	—	1,9	1053,9
Сжигание биомассы	(3182,0)	156,8	44,2	201,0
Двигатели внутреннего сгорания	32471,0	137,2	195,2	32803,4
Коммунально-бытовой сектор	31171,0	4,9	—	31175,9
ИТОГО эмиссии при сжигании топлива	190128,0	298,9	731,0	191157,9
Добыча угля	—	18416,7	—	18416,7

Продолжение табл. 1

Источники ПГ	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Все ПГ
Нефтегазовый комплекс	–	3724,0	–	3724,0
ИТОГО летучие эмиссии	–	22140,7	–	22140,7
ВСЕГО эмиссии при энергетической деятельности	190128,0	22439,6	731,0	213298,6
Промышленные процессы				
Производство цемента	4138,0	–	–	4138,0
Производство карбида	211,0	–	–	211,0
ИТОГО	4349,0	–	–	4349,0
Сельское хозяйство				
Кишечная ферментация в животноводстве	–	16954,0	–	16954,0
Отходы животноводства	–	2021,3	–	2021,3
Выращивание риса	–	1425,9	–	1425,9
ИТОГО	–	20401,2	–	20401,2
Изменение землепользования и лесное хозяйство				
ИТОГО	– 4011,0	22,1	1,9	– 3987,0
Утилизация отходов				
Складирование твердых бытовых отходов	–	2650,9	–	2650,9
Сбраживание сточных вод	–	80,9	–	80,9
ИТОГО	–	2731,8	–	2731,8
Суммарные национальные эмиссии ПГ с прямым эффектом				
ВСЕГО	190466,0	45594,7	732,9	236793,6

Примечание. Поглощение CO₂ при изменении землепользования и в лесном хозяйстве вычтено из суммарных эмиссий. Без учета поглощения суммарные эмиссии CO₂ и всех ПГ составили соответственно 194477,0 и 240780,6 тыс. т CO₂-эквивалента. Эмиссия CO₂ от сжигания биомассы взята в скобки, потому что, согласно МГЭИК, не включается в итоговую сумму.

Как видно (см. табл. 1), основными источниками метана в Казахстане являлись добыча угля (40,4 %), кишечная ферментация сельскохозяйственных животных (37,2 %), нефтегазовый комплекс (8,2 %) и складирование твердых отходов (5,8 %). Остальные 8,4 % пришлось на сельскохозяйственные отходы, выращивание риса и некоторые другие источники. Выбросы закиси азота незначительны, однако этот газ обладает большим потенциалом GWP. В инвентаризации были определены только эмиссии, связанные со сжиганием топлива. Выбросы закиси азота от сельского хозяйства не рассчитывались из-за отсутствия у МГЭИК единой методики определения таких эмиссий. В итоге можно сказать, что 50,5 % выбросов закиси азота пришлось на энергетику, 26,6 % - на двигатели внутреннего сгорания, 16,3 % - на промышленность и 6,0 % - на сжигание биомассы. С нефтегазовым комплексом и лесными пожарами связаны всего 0,6 % эмиссий закиси азота.

Подытоживая краткий обзор инвентаризации, необходимо отметить основные источники ПГ в целом. Всего в 1990 году в атмосферу выброшено около 241 млн т CO_2 -эквивалента, 38,8 % эмиссий обеспечила энергетика, на долю двигателей внутреннего сгорания, промышленности и жилищно-коммунального сектора пришлось соответственно 13,6, 13,5 и 12,9 % выбросов главных ПГ. Остальные источники, прежде всего топливная промышленность и сельское хозяйство, ответственны за 21,2 % эмиссий ПГ с прямым эффектом. В инвентаризации определены суммарные эмиссии окиси углерода, оксидов азота и НЛОС, которые составили соответственно 3108 тыс. т, 1197 тыс. т и 260 тыс. т. Основным источником этих ПГ с косвенным эффектом стали двигатели внутреннего сгорания [6].

Несмотря на отсутствие данных о топливном балансе и промышленных сточных водах, инвентаризация является полным кадастром ПГ Казахстана для 1990 года по методологии МГЭИК. Эта методика не позволяет охватить полный спектр классов ПГ (например, хлорфторуглероды) и их источников (например, возделываемые почвы или производство сольвентов), поскольку у мирового сообщества нет единого мнения по их учету.

Неопределенности или погрешности исходных статистических данных соавторами инвентаризации оценены в 5 % для энергетики, в 5-20 % для других отраслей, за исключением жилищно-коммунального сектора, где погрешности могли быть более 20 % [6]. Данные о погрешностях исходных данных, коэффициентов эмиссий, а также совокупные неопределенности расчетов согласно МГЭИК, приведены в табл. 2. По этим данным 79,4 % казахстанских эмиссий ПГ (без учета поглощения лесами), связанных со сжиганием топлива для энергетических целей, определено с погрешностью ± 10 %. Летучие эмиссии (9,2 % выбросов), рассчитаны с неопределенностью ± 60 %. Эмиссии при кишечной ферментации в животноводстве, составившие

7,0 % казахстанских суммарных выбросов ПГ, получены с погрешностью ± 25 %. Для остальных 4,4 % эмиссий неопределенность варьируется в пределах $\pm 20-80$ %.

Таблица 2

Погрешности расчетов эмиссий парниковых газов по методологии МГЭИК, %

Категория источников	Погрешность коэффициента эмиссий	Погрешность исходных данных	Общая погрешность
Диоксид углерода			
Энергетическая деятельность	7	7	10
Промышленные процессы	7	7	10
Метан			
Нефтегазовый комплекс	55	20	60
Угольная промышленность	55	20	60
Выращивание риса		Более 60	
Утилизация отходов		Более 60	
Кишечная ферментация в животноводстве	25	10	25
Отходы животноводства	20	10	20

Из зарубежных источников известно, что в 1992 году Казахстан занимал 14 место в мире по выбросам CO_2 при сжигании ископаемого топлива, наибольшие эмиссии имеют США, Китай и Россия [3]. Удельный выброс CO_2 при сжигании топлива в Казахстане в 1990 году составил более 11 т на душу населения [6] и являлся одним из самых больших среди 30 развивающихся стран, предоставивших свои инвентаризации в 1995 году, уступая аналогичным показателям только в Эстонии, Чехии и Украине. Удельные эмиссии в расчете на доллар валового внутреннего продукта составили в Казахстане 2,7 т CO_2 в остальных странах эти показатели изменялись от 0,2 т CO_2 (Камерун) до 6,3 т CO_2 (Китай) [7].

Представляет интерес прогноз эмиссий ПГ на будущее. Эмиссии диоксида углерода оказалось возможным рассчитать на период до 2010 года [1], используя рекомендацию МГЭИК и прогноз потребления основных типов топлива в Казахстане [2] (табл. 3).

Таблица 3

Эмиссии диоксида углерода в Казахстане при сжигании различных типов топлива в 1990 - 2010 годах, тыс. т

Тип топлива	1990 г.	1993 г.	1994 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.
Уголь	114456	117929	118425	107207	110085	11197	111973
Природный и попутные газы	21789	28549	28939	21903	22852	26650	26650
Бензин	13256	12430	9890	8720	11674	12291	12909
Мазут	19932	20623	14490	12037	14184	16023	19703
Дизельное топливо	20112	21284	14606	12110	19082	19082	19082
Сжиженные углеводородные газы	1189	1501	1501	1937	3626	4436	4436
Авиакеросин	3189	3190	1915	1559	3826	5668	7583
ВСЕГО	193923	205506	18976	165473	185329	196123	202336

Согласно этим расчетам, эмиссии диоксида углерода при сжигании ископаемого топлива в 1990 году составили 193923 тыс. т, что на 2 % больше, чем по данным нашей инвентаризации. Расхождение объясняется различной природой исходных данных. Если принять суммарные эмиссии в 1990 году за 100 %, то эмиссии в 1993, 1994, 1995, 2000, 2005 и 2010 годах составляют соответственно 106, 98, 85, 96, 101 и 104 %. По этому прогнозу, авторы считают его пессимистичным, выбросы основного ПГ при сжигании топлива достигнут уровня базового года лишь к 2005 году.

Результаты инвентаризации ПГ Казахстана стали основой для дальнейших исследований в области смягчения последствий предполагаемого изменения климата. В частности, данные инвентаризации использовались при работе с моделью энергетического планирования ENPER. На будущее предполагается как дополнение данных об эмиссиях ПГ для 1990 года, так и проведение расчетов на перспективу, поскольку национальные инвентаризации должны обновляться каждые три года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисенков Е. П., Кондратьев К. Я. Круговорот углерода и климат. - Л.: Гидрометеоздат, 1988. - 322 с.
2. Государственная программа энергосбережения Республики Казахстан в период становления рыночных отношений: концепция энергосбережения / Министерство энергетики и угольной промышленности Республики Казахстан. - Алматы, 1995. - 76 с.

3. Carbon Dioxide Emissions from Fossil Fuel Burning: Emissions Coefficients and the Global Contribution of Eastern European Countries / G. Marland, T. Boden, R. Andres et al. // *Idojaras.* - 1995. - Vol. 99, № 3-4. - P. 157-170.
4. GHG Emissions from Agriculture, Land Use Change and Forestry in Kazakstan / E. Monocrovich, O. Pilifosova, E. Gossen, A. Startsev // *Idojaras.* - 1995. - Vol. 99, № 3-4. - P. 250-258.
5. GHG Emissions from the Power Generation Sector, Mobile Sources and the residential Sector in Kazakstan / E. Monocrovich, N. Inozemtseva, D. Danchuk et al. // *Idojaras.* - 1995. - Vol. 99, № 3-4. - P. 337-344.
6. Inventory of Kazakstan Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990 / E.I. Monocrovich, O.V. Pilifosova, D. Danchuk et. al. // *Greenhouse Gas Emission Inventories. Interim Results from the U. S. Country Studies Program.* - 1996. - P. 289-297.
7. National Greenhouse Gas Emission Inventories in Developing Countries with Economies in Transition: Global Synthesis / Braatz B., Barvenik S. // *Greenhouse Gas Emission Inventories. Interim Results from the U. S. Country Studies Program.* - 1996. - P. 1-45.
8. Radiative Forcing of Climate Change and An Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios // *Climate Change 1994 / Edited by J.T. Houghton, Meira Filho et. al.* - Cambridge: Cambridge University Press, 1995. - 339 p.
9. Schipper L., Meyers S.. *Energy Efficiency and Human Activity: Past Trends, Future Prospects.* - Cambridge: Cambridge University Press, 1992. - 385 p.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

1990 ЖЫЛЫ ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА ПАРНИКТІ ГАЗДАРДЫҢ ЭМИССИЯСЫН ИНВЕНТАРИЗАЦИЯЛАУДЫҢ ҚОРЫТЫНДЫСЫ ТУРАЛЫ

Д.Ю. Данчук

1990 жылдың инвентаризациялау мәліметтері бойынша Қазақстанда парник газдардың эмиссияларына талдау жасалынды. Парник газдардың қосынды шығарылуы CO_2 -ге эквивалентті 200 млн.т. жоғары екені және олар көбінесе энергетикадан шығатыны көрсетілді. CO_2 -нің 2/3 эмиссиясы көмір жағу арқылы болды. Атмосфераға парник газдардың шығарылуына болжау жасалынды.

УДК 551.510+556.114.2+551.588.9

К ВОПРОСУ О СТОКЕ CO_2 В ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ КАЗАХСТАНА

Канд. физ.-мат. наук О.Е.Семенов

Расчет стока CO_2 в водные резервуары Казахстана показал, что он происходит в основном в крупные водоемы - Каспийское ($69,7 \cdot 10^3$ Гг) и Аральское ($28,6 \cdot 10^3$ Гг) моря. На долю остальных резервуаров (озера, водохранилища, водотоки рек) приходится всего 0,4 % суммарного стока CO_2 .

Возросшая опасность катастрофических последствий изменения климата на судьбы сотен миллионов людей послужила толчком к исследованиям проблемы CO_2 и других парниковых газов. На современном этапе развития общества человечество пока не может отказаться от сжигания углерода, который является основным источником энергии. Поэтому, наряду с задачами по поиску альтернативных чистых источников энергии и сокращению сжигания углерода, необходимо иметь и возможно более точные сценарии изменения климата для различных уровней выбросов CO_2 в атмосферу. Для этого требуется не только создание совершенных моделей изменения климата, но и более достоверная и обширная информация по всему углеродному циклу, включающая как источники эмиссии CO_2 , так и стоки ее в водные резервуары и биоту планеты, динамику их взаимодействия во времени.

В статье кратко излагаются результаты, полученные ранее [1]. Необходимость публикации вызвана допущенной ошибкой в [1] при переводе массы поглощенной CO_2 в Гг. В таблице приводятся исправленные значения стока двуокиси углерода.

По литературным источникам определены объемы воды в морях, озерах и водохранилищах Казахстана и оценены примерные объемы воды в руслах рек. Суммарный объем Каспийского и Аральского морей и остальных водных резервуаров Казахстана оценивается в $78972 \cdot 10^9 \text{ м}^3$. В зависимости от изменений температуры в течение года общий объем CO_2 в поверхностных водах Казахстана меняется от $70,2 \cdot 10^3$ Гг до $43,5 \cdot 10^3$ Гг. Из-за большей растворимости CO_2 при низких температурах водоемы максимально поглощают газ зимой и весной в период половодья, когда биомасса еще активно не участвует в процессах фотосинтеза и практически не является стоком для углекислого газа.

Оценка содержания двуокиси углерода в природных поверхностных водах Казахстана

Наименование резервуара воды	Объем воды, м ³	Масса CO ₂ в природных резервуарах воды, г, при различной температуре			
		5 °С	10 °С	15 °С	20 °С
Каспийское море	$78347 \cdot 10^9$	$6,97 \cdot 10^{13}$	$5,84 \cdot 10^{13}$	$5,00 \cdot 10^{13}$	$4,32 \cdot 10^{13}$
Аральское море	$344 \cdot 10^9$	$2,86 \cdot 10^{11}$	$2,42 \cdot 10^{11}$	$2,08 \cdot 10^{11}$	$1,80 \cdot 10^{11}$
Крупнейшие озера	$179 \cdot 10^9$	$1,65 \cdot 10^{11}$	$1,37 \cdot 10^{11}$	$1,16 \cdot 10^{11}$	$9,95 \cdot 10^{10}$
Озера с площадью зеркала > 1 км ²	$7,3 \cdot 10^9$	$6,74 \cdot 10^9$	$5,59 \cdot 10^9$	$4,74 \cdot 10^9$	$4,07 \cdot 10^9$
Водоохранилища	$91,7 \cdot 10^9$	$8,47 \cdot 10^{10}$	$7,01 \cdot 10^{10}$	$5,95 \cdot 10^{10}$	$5,11 \cdot 10^{10}$
Речные водотоки	$2,9 \cdot 10^9$	$2,68 \cdot 10^9$	$2,22 \cdot 10^9$	$1,88 \cdot 10^9$	$1,62 \cdot 10^9$
Речные плесы	$3,0 \cdot 10^9$	$2,77 \cdot 10^7$	$2,30 \cdot 10^7$	$1,95 \cdot 10^7$	$1,67 \cdot 10^7$
Итого	$78972 \cdot 10^9$	$7,02 \cdot 10^{13}$	$5,88 \cdot 10^{13}$	$5,04 \cdot 10^{13}$	$4,35 \cdot 10^{13}$
		$70,02 \cdot 10^3$ Гг	$58,8 \cdot 10^3$ Гг	$50,4 \cdot 10^3$ Гг	$43,5 \cdot 10^3$ Гг

В летний период при повышении температуры уменьшается объем воды и масса CO_2 в природных резервуарах, что приводит к частичной эмиссии ранее поглощенной двуокиси углерода порядка $26,7 \cdot 10^3$ Гг. Эта дополнительно выделенная масса CO_2 включается в процесс фотосинтеза, наиболее интенсивно идущий как раз в этот период года. Таким образом, часть растворенной весной и зимой углекислоты летом утилизируется биомассой. Поэтому в дальнейшем при построении региональных моделей для Центральной Азии необходимо создание моделей, учитывающих динамику растворения CO_2 в воде, ее взаимодействие с карбонатами, биотой.

Выполненные оценки массы растворенного CO_2 в природных поверхностных резервуарах воды в Казахстане еще раз подтвердили, что сток газа в основном происходит в крупные водосмы: 99,2 % - в Каспийское море и 0,44 % - в Аральское море. На долю остальных емкостей воды приходится менее 0,4 %. И этот вывод справедлив для всей Центральной Азии. Сравнение полученных значений стока CO_2 с его годовой эмиссией в Казахстане, которая равна 193427 тыс. т (Гг) [2], показывает на заметную роль поверхностных вод региона Центральной Азии в утилизацию этого парникового газа. Сток CO_2 в водные резервуары достигает 22 - 36 % его годовой эмиссии в Казахстане. Однако весь сток практически происходит в один водоем - Каспийское море, роль остальных в поглощении CO_2 незначительна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов О.Е. О стоке CO_2 в поверхностные водные резервуары Казахстана // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 4. - С. 110 -119.
2. Inventory of Kazakstan Grinhouse Gas Emissions and Sinks: 1990 / E. Monocrovich, D. Danchuk, O. Pilifosova et al. - Greenhouse Gas Emission Inventories, V.9 // Ed.by B.Braatz et al. - Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publissers. Netherlands, 1996. - P. 289 -98.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖЕР БЕТІ СУ ҚОЙМАСЫНА CO_2 -НІҢ АҒЫНЫ ТУРАЛЫ СҰРАҚҚА

Физ-мат. ғ. канд. О.Е. Семенов

CO_2 ағыны мөлшері Қазақстан су қоймасының ең ірі су тоғандары - Каспий теңізінде - $69,7 \cdot 10^3$ Гг, Арал теңізінде - $28,6 \cdot 10^3$ Гг екендігі есеппен көрсетілген. CO_2 -нің жалпы ағыны қалған су қоймаларында (көл, су қоймасы, өзен су сағалары) небәрі 0,4 % ғана екен.

УДК 551.583:620.9 (574)

**АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ОГРАНИЧЕНИЯ ЭМИССИЙ
ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ
КАЗАХСТАНА**

Т.К. Темертеков
Канд. геогр. наук О.В. Пилифосова
Е.Ю. Смирнова
Д.Ю. Данчук

Рассматриваются варианты ограничения эмиссий парниковых газов в энергетическом секторе. На их основе построены альтернативные сценарии развития энергетики, анализ которых выявил следующую приоритетность: модернизация ТЭЦ; ввод малых ГЭС; строительство АЭС; ввод ВЭС и использование солнечной энергии. Рассмотрена национальная программа энергосбережения как перспективный вариант сокращения выбросов парниковых газов.

Подписание Рамочной Конвенции ООН по Изменению Климата (РКИК/ООН) в Рио-де-Жанейро в 1992 г. свидетельствует о признании того факта, что климатические изменения в результате деятельности человека представляют собой угрозу экологии и экономическому развитию во всем мире. Конечная цель РКИК/ООН, как указано в статье 4, заключается в стабилизации концентрации парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который предотвратит опасное антропогенное вмешательство в климатическую систему. Такой уровень должен быть достигнут в период времени, достаточный для того, чтобы экосистемы могли естественно адаптироваться к изменениям климата. Конвенция призывает всех участников Конференции Сторон разрабатывать, периодически обновлять, публиковать и представлять на Конференцию Сторон национальные кадастры антропогенных выбросов всех газов с парниковым эффектом, за исключением хлорфторуглеродов, которые уже охвачены Монреальским протоколом; использовать сопоставимые методологии для составления кадастров источников и стоков парниковых газов (ПГ); регулярно публиковать национальные сообщения [6]. Для проведения исследований изменения климата по определенной стандартной методологии и предоставления результатов политическим деятелям была специально организована Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), созданная ООН и ВМО.

В результате проведенной в Казахстане по методологии МГЭИК [3] инвентаризации источников парниковых газов за 1990 г. получено, что значительная доля всех эмиссий парниковых газов (90,1 %) приходится на категорию энергетическая деятельность [4]. При этом основная масса выбросов парниковых газов (80,4 %) пришлось на диоксид углерода (углекислый газ). Главными источниками эмиссий диоксида углерода являются процессы, связанные с производством тепла и электроэнергии (далее просто энергетика), на долю которой приходится около 40 % всех выбросов. Это вызвано тем, что характерной особенностью энергетики Казахстана является преобладание угля в топливном балансе, а он имеет наибольший коэффициент выброса углерода в расчете на единицу энергетического содержания топлива. Доля угля в энергетике республики составляет около 90 % [4].

В силу вышесказанного, анализ мер по сокращению выбросов ПГ [5] был сосредоточен на возможных мероприятиях по уменьшению эмиссий в энергетическом секторе, а именно в электроэнергетике. Учитывая наличие соответствующих природных ресурсов Казахстана, имеющиеся научные и технические разработки и экспертные оценки специалистов Министерства энергетики, были выбраны следующие возможные меры снижения выбросов парниковых газов: модернизация ТЭЦ, строительство малых гидроэлектростанций и атомной электростанции, использование энергии солнца и ветра.

На основе статистических данных за базовый 1990 год, макроэкономических прогнозов, планов развития энергетики Казахстана, прогнозов мировых цен на топливно-энергетические ресурсы и другой информации построен базовый сценарий развития энергетики до 2020 года, а затем и соответствующий ему базовый сценарий эмиссий парниковых газов, то есть ход выбросов в предположении, что не принимается никаких действий по их сокращению.

Для получения сценариев сокращения вносились изменения в базовый энергетический сценарий в соответствии с выбранными мерами по ограничению выбросов ПГ. Затем моделировалось развитие энергетики с учетом этих мероприятий, и после этого рассчитывались соответствующие сценарии хода эмиссий парниковых газов. В заключение все выбранные меры оценивались по различным критериям: стоимости реализации, влияния на окружающую среду и экономику и другим.

В соответствии с вышерассмотренными вариантами снижения выбросов ПГ составлены следующие альтернативные сценарии:

- с учетом модернизации теплоэлектростанций, названный модернизация ТЭЦ;
- с учетом ввода малых гидроэлектростанций - ГЭС;
- с учетом строительства ветровых электростанций - ВЭС;
- с учетом строительства атомных электростанций - АЭС;
- с учетом строительства солнечных электростанций - СЭС;

- с учетом всех вышеназванных мер - интегрированный.

Для анализа возможностей сокращения парниковых газов была использована модель энергетического планирования ENPER [2]. Эта модель разработана Аргоннской Национальной лабораторией (США) по заказу Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ). ENPER является не одной моделью, а набором моделей, реализованных в виде 9 модулей. Из них в нашем анализе использованы лишь два - BALANCE и IMPACTS. С помощью модуля BALANCE разработаны сценарии развития энергетики. Затем в модуле IMPACTS получены сценарии выбросов парниковых газов.

Для моделирования энергетического сектора Казахстана с помощью ENPER создана модель энергосектора. Она основана на данных топливно-энергетического баланса за базовый 1990 год. Модель также включает в себя существующие и планируемые до 2020 года виды деятельности, информацию о добыче и запасах энергоресурсов, их конверсии в тепло и электричество, их потреблении и другую информацию. Модель энергосистемы Казахстана представлена тремя секторами. Первый сектор включает в себя первичные энергоресурсы по отдельным видам топлива - местный и импортный уголь, газ, нефть и нефтепродукты. Небольшую часть составляют природный газ и электроэнергия, импортируемые из Средней Азии и России. Все топливно-энергетические ресурсы Казахстана разделены на следующие функциональные блоки: местная нефть; импортная нефть; импортные бензин и дизельное топливо; импортный мазут; местный природный газ; импортированный природный газ; местный лигнит (Экибастузский уголь); местный полубитуминозный (Карагандинский) уголь; импортный лигнит; импортный полубитуминозный уголь; импортное электричество; гидроэнергетические ресурсы. Второй сектор включает конверсию первичных энергоресурсов в другие виды энергоносителей и их распределение. Здесь имитируются действующие и будущие электростанции, котельные и нефтеперерабатывающие заводы. Третий сектор - сектор потребления топливно-энергетических ресурсов, который организован для тепла и электроэнергии по отраслевому признаку, а для первичных ресурсов по типам топлива: нефть, нефтепродукты, уголь и газ. Подобное представление потребительского сектора обусловлено тем, что энергосеть моделируется для анализа только электрогенерирующего сектора. Электроэнергия при моделировании распределяется среди предприятий металлургии, промышленности, жилищно-коммунального сектора, транспорта и сельского хозяйства, а также на экспорт. Тепло распределяется при моделировании для крупнейших его потребителей - промышленности и жилищно-коммунального сектора. Остальные блоки потребительского сектора введены для замыкания топливно-энергетического баланса и называются - "спрос на газ", "спрос на уголь", "спрос на мазут", "спрос на нефтепродукты", а также "экспорт нефти".

Ход эмиссий CO_2 , важнейшего парникового газа, по различным сценариям, полученный в результате анализа, показан на рис. 1, из которого видно, что с 1990 по 1996 год происходит уменьшение выбросов CO_2 , вызванное кризисом в экономике, после чего наблюдается резкий рост эмиссий, что, в свою очередь, отражает очень оптимистичный прогноз валового внутреннего продукта, который был использован в анализе.

Сравнение уровней эмиссий базового и других сценариев показывает, что потенциал сокращения CO_2 значительно различается для отдельных сценариев. Как видно (см. рис. 1), развитие атомной энергетики может привести к наиболее значительному сокращению эмиссий CO_2 . В соответствии со сценарием "АЭС", по сравнению с базовым сценарием, годовое сокращение эмиссий в 2010, 2015 и 2020 гг. равно 1,9; 3,8 и 7,1 % соответственно. Модернизация ТЭЦ может сократить эмиссии CO_2 до 1609 Гг в 2000 г. и около 2330 Гг в 2020 г. Это составляет около 2 % базового уровня. Потенциал сценариев "ГЭС" и "ВЭС" равен 0,2 и 2,6 % в 2000 и 2020 гг., соответственно. Общий потенциал всех мер сокращения (интегрированный сценарий) составит от 2,9 % в 2000 г. до 11,1 % в 2020 г.

Кроме сокращения выбросов CO_2 , необходимо рассматривать и другие показатели. Оценка исследованных мер по основным критериям представлена в таблице, из которой видно, что сценарий "АЭС" имеет наибольший потенциал сокращения выбросов ПГ и вредных веществ, в 1,5-3 раза больше, чем по другим сценариям. В тоже самое время, стоимость сокращения является одной из самых высоких и превышает все остальные (за исключением сценария "ВЭС") в 2-3 раза. Сценарий "модернизация ТЭЦ" выглядит наиболее привлекательно: во-первых, он имеет большой потенциал сокращения эмиссий ПГ, во-вторых, довольно низкую стоимость сокращения, и в-третьих, имеет хорошие шансы на реализацию и согласуется с национальными планами развития. Строительство малых ГЭС является самым экономически выгодным сценарием. Это единственный сценарий который ведет к удешевлению электроэнергии и, следовательно, к сбережению фондов. По этому сценарию также наблюдается наибольшее сокращение импорта электричества из Средней Азии.

Интеграция всех мер сократила бы выбросы CO_2 на 158 млн т за весь период или ежегодно в среднем на 5,7 млн т. Расходы на сокращение составили бы почти 5 млрд долларов, и для этого сценария снижение каждого процента выбросов CO_2 ведет к увеличению цены электричества на 1 %.

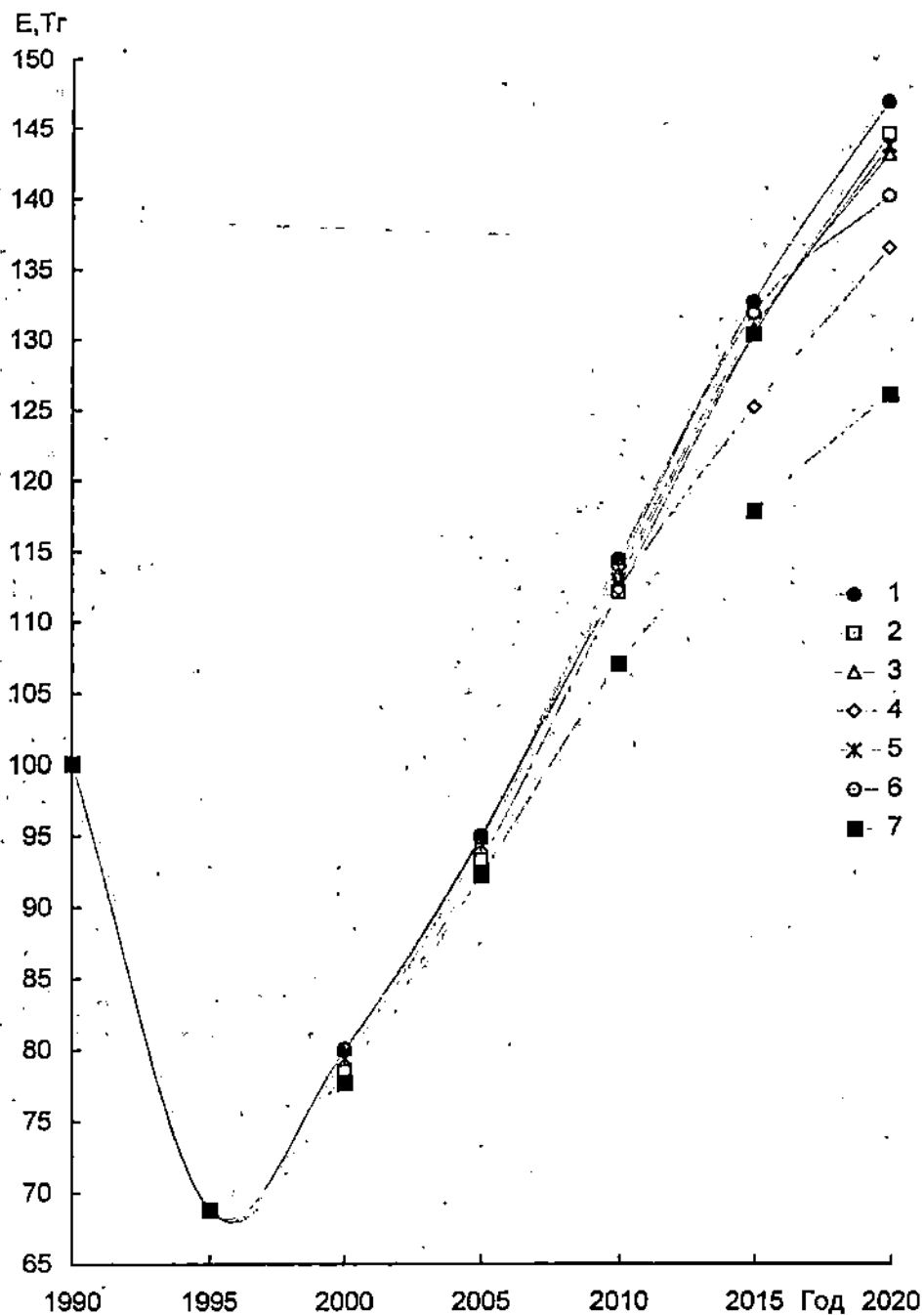


Рис. 1. Ход эмиссий CO_2 (E) по различным сценариям: 1-базовый; 2-модернизация ТЭЦ; 3-ГЭС; 4-АЭС; 5-ВЭС; 6-СЭС; 7-интегрированный.

Согласно критериям, перечисленным в таблице, можно представить следующую приоритетность мероприятий:

- модернизация ТЭЦ;
- ввод малых ГЭС;
- строительство АЭС;
- ввод ВЭС;
- использование солнечной энергии.

В целом можно сказать, что выбросы парниковых газов в энергетике Казахстана не превысят уровня 1990 года, по крайней мере до 2005 года, даже при очень оптимистичном сценарии развития экономики. Максимально возможное снижение выбросов CO_2 может составить к 2020 году около 21 % уровня базового 1990 года. Возможное ежегодное снижение эмиссий CO_2 по интегрированному сценарию составит от 3 % в 2000 году до 11 % в 2020 году.

Отметим, что анализ имеет скорее качественный характер, нежели количественный, и должен рассматриваться как предварительная оценка. Углубленный анализ конкретных проектов (мер) сокращения эмиссий ПГ проводится при подготовке Национального плана действий по изменению климата.

В энергетическом секторе Казахстана стратегия сокращения выбросов непосредственно связана с основной национальной стратегией развития энергетики. Все рассмотренные меры были включены в утвержденные планы развития энергетики в первой половине 90-х годов. В тоже время, Казахстан находится в экономическом кризисе, который значительно ограничивает финансовые возможности правительства при решении критических проблем в энергетике.

Перспективным способом снижения эмиссий ПГ является реализация национальной программы энергосбережения РК [1]. Эта программа оценивает три потенциала энергосбережения (ПЭ): технологический ПЭ - максимальный потенциал, реализуемый при внедрении всех технологических достижений (используется как теоретически возможный ориентир); экономический ПЭ - реализуемый при реальных экономических ограничениях возможных инвестиций в мероприятия энергосбережения (применяется как плановый, возможно достигаемый в какой-то период, ориентир); рыночный ПЭ - реально достижимый, при учете всего комплекса возможных ограничений, вытекающих из реальной экономической, политической, структурной, организационной ситуации в стране. Эти потенциалы в количественном выражении приведены на рис. 2.

Абсолютная величина потенциала энергосбережения определяется, исходя из разности удельной энергоемкости Республики Казахстан и развитых стран, умноженной на объем валового внутреннего продукта. Удельная энергоемкость валового внутреннего продукта Республики Казахстан равна 1,03 тут/тыс.долл. (тонн условного топлива на 1 тыс. долларов); удельная энергоемкость (средневзвешенная)

Оценка сценариев сокращения выбросов парниковых газов

Критерий оценки	АЭС	ТЭЦ	ВЭС	ГЭС	СЭС	Интегрированный
Кумулятивное сокращение ПГ:						
CO ₂ , тыс. т	58288	40083	28662	19421	20022	157851
CH ₄ , т	588	373	288	196	172	1533
Стоимость сокращения CO ₂ , долл./т	49,05	15,26	50,33	19,96	22,35	31,21
Сокращение импорта (среднее за год, долл.)	Неопр.	Неопр.	64606	68793	24088	145522
Кумулятивное сокращение, тыс. т:						
окислов серы	1739	693	843	566	268	4096
зола	517	329	253	171	151	1349
Устойчивость	С	В	С	В	С	-
Согласованность с национальными планами развития	С	В	С	В	С	-
Неопределенность данных	С	Н	В	Н	В	-

Примечание. Н - низкое; С - среднее; В - высокое; Неопр. - неопределенное.

стран Организации Экономического Сотрудничества равна 0,39 тут/тыс.долл. При достижении удельной энергоемкости развитых стран абсолютный потенциал энергосбережения Республики Казахстан составит 61,51 млн тут [1].

Р, млн тут

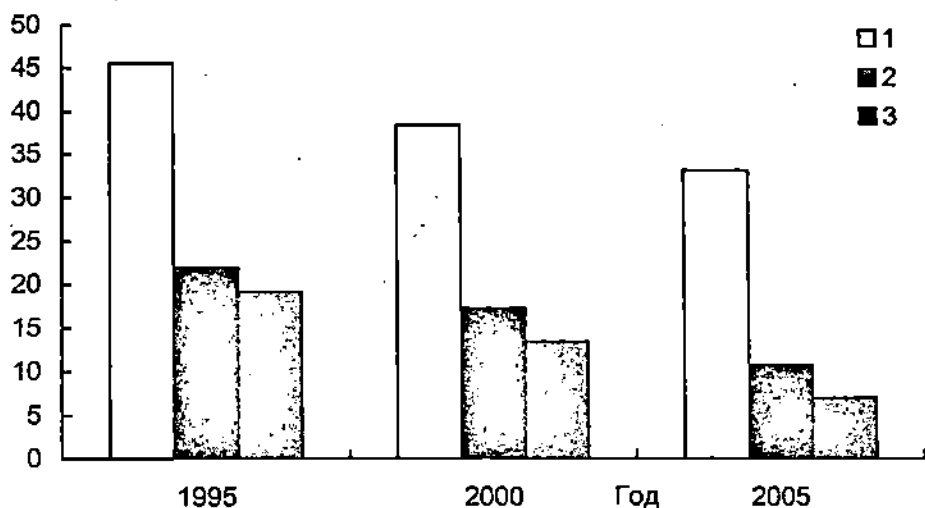


Рис. 2. Потенциалы (Р) энергосбережения в Казахстане: 1-технологический; 2-экономический; 3-рыночный.

Следующим шагом в исследованиях изменения климата будет углубленная оценка мер и технологий, относящихся к энергосбережению и возобновляемым источникам энергии, с точки зрения их потенциала сокращения выбросов ПГ и стоимостной эффективности для включения их в Национальный план действий. Однако в настоящий момент планирование, анализ и реализация мер по сокращению выбросов парниковых газов значительно осложнена происходящей тотальной приватизацией энергетического сектора и неопределенностью развития как энергетики, так и всей экономики в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная программа энергосбережения Республики Казахстан в период становления рыночных отношений: концепция энергосбережения / Министерство энергетики и угольной промышленности Республики Казахстан. - Алматы, 1995. - 76 с.
2. Energy and Power Evaluation Program (ENPEP) Documentation and User's Manual. Vol. 1 / B.P. Hamilton, W. Buehring, R. Cirilo, et. al.; Argonne National Laboratory.-Argonne, 1994. - 371 p.
3. Greenhouse Gas Inventory. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 1 / Edited by B. Bolin. -London, 1995. - 325 p.

4. Inventory of Kazakstan Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990/ E. Monocrovich, O. Pilifosova, D. Danchuk, et al. // Greenhouse Gas Emission Inventories. Interim Results from the US Country Studies Program. - Dordrecht / Boston / London: Kluwer Academic Publishers, 1996. - p. 289-299.
5. Sathaye J., Meyers S. Greenhouse Gas Mitigation Assessment: A Guidebook. - Dordrecht / Boston / London: Kluwer Academic Publishers, 1995. - 343 p.
6. United Nations Framework Convention on Climate Change/Climate Change Secretariat. - Geneva, 1992. - 29 p.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЭНЕРГЕТИКА СЕКТОРЫНДА ПАРНИКТІ ГАЗДАР ЭМИССИЯСЫНА ШЕК ҚОЮ ТҮРЛЕРІН ТАЛДАУ

Т.К. Темертеков
Геогр. г. канд. О.В. Пилифосова
Е.Ю. Смирнова
Д.Ю. Данчук

Энергетика секторында парникті газдар эмиссиясына шек қою түрлері қарастырылды. Осылардың негізінде энергетика өркендеуінің альтернативті жолдары құрылған бірнеше талдаулардан кейін келесі алдыңғы қатарлары айқындалды: жылу электростансаларын осы кездегі тілекке сәйкес өзгерту, кішігірім гидроэлектростансаларды пайдалану, жел және атом электростансаларын салу, күн энергиясын пайдалану. Энергия сақтаудың ұлттық бағдарламасы парник газдардың шығуын қысқарту ретінде қарастырылды.

УДК 621.31+551.583(574)

**СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ КАЗАХСТАНА И
ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПО ОГРАНИЧЕНИЮ
ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ**

Г. А. Папафанасопуло

Представлен анализ функционирования электроэнергетической отрасли. Приведены основные положения стратегии развития электроэнергетики. Рассмотрены запланированные в сфере энергетики мероприятия, ведущие к ограничению выбросов парниковых газов.

Резкое увеличение производства и потребления энергии во всем мире способствовало интенсивному развитию электроэнергетики Казахстана в 50-60-е годы, что привело к возрастанию концентрации парниковых газов (ПГ) в атмосфере и угрозе непредсказуемого изменения глобального климата. Значительные мощности электроэнергетики Казахстана, а также преобладание угля в топливном балансе обуславливают тот факт, что электростанции являются одним из основных источников ПГ в Казахстане. Поэтому стратегия развития электроэнергетики, нацеленная на привлечение интенсивных технологий, имеет ключевое значение в смысле сокращения эмиссий ПГ в Казахстане как стране, подписавшей Рамочную Конвенцию по изменению климата (РКИК). Выполнение обязательств по РКИК предполагает проведение мероприятий по ограничению выбросов ПГ.

В результате распада СССР и, следовательно, разрыва хозяйственных и финансовых связей с бывшими республиками - поставщиками оборудования, запасных частей и специальных материалов, последовавшим экономическим и финансовым кризисом оборудование электростанций изнашивается, а производство электроэнергии в Казахстане неуклонно снижается. В 1990 году производство электроэнергии на собственных источниках Казахстана составляло 87,4 млрд кВт ч, в период до 1993 года этот потенциал за счет ввода новых мощностей возрос еще на 7-8 млрд кВт ч и достиг почти 95 млрд кВт ч. К 1996 году объем производства электроэнергии снизился до 58,9 млрд кВт ч или на 31,5 %. В процессе глубоких преобразований экономики, кризисных явлений переходного периода и распада промышленно-экономического комплекса бывшего СССР в Казахстане резко упал спрос на электроэнергию. Так, в 1996 году потребление электричества составило 65,7 млрд кВт ч против 104,7 млрд кВт ч в 1990 году (т.е. меньше на

39 млрд кВт ч, или на 37 %). Единственным благоприятным последствием этого явилось снижение отрицательного воздействия на окружающую среду. При этом в структуре производства возросла доля электроэнергии, выработанной на ГЭС, так как ее абсолютный объем производства практически сохранился (с поправкой на водность года), в 1996 году она достигла 8110 млн кВт ч, или 13,8 % [3, 5].

Коренные изменения произошли в структуре управления отраслью и формах собственности. В процессе перехода от плановой экономики к рыночной некогда единая электроэнергетическая система, в которую входили все генерирующие источники, а также транзитные и распределительные электрические сети, деструктуризирована. С целью создания условий для конкуренции все генерирующие источники получили самостоятельность, акционированы, часть из них продана иностранным инвесторам, а оставшиеся выставлены на тендер. Региональные распределительные электрические сети также преобразованы в акционерные компании и выставляются на торги, а Национальная электроэнергетическая система "Казахстанэнерго" преобразована в акционерную компанию "KEGOC", но сохраняется в государственной собственности. Таким образом, электроэнергетический сектор Казахстана целиком выходит из государственного подчинения; за государством сохраняются регулирующие функции, вытекающие из Закона "Об электроэнергетике".

Учитывая, что электроэнергетика - отрасль одна из наиболее капиталоемких и инерционных, объекты которой требуют заблаговременных и долгосрочных капиталовложений, Министерством энергетики и природных ресурсов при участии Минэкономторга прорабатываются варианты долгосрочных прогнозов, концепций и программ. Очередная такая проработка выполнена в конце 1996 года на период до 2050 года. В оценке прогнозируемой потребности общества в электроэнергии учитывается влияние изменения цен на энергоресурсы как фактор, побуждающий потребителей к активному энергосбережению. Так, если в стоимости валового внутреннего продукта в 1990 году стоимость электроэнергии составляла около 1,5 %, то в 1995 году она превышала 8 % и рост цен на продукцию электроэнергетической отрасли еще не стабилизировался и имеет тенденцию к повышению и в дальнейшем, так как при существующих тарифах, не обеспечивающих создание накоплений для саморазвития, отрасль обречена на деградацию, а экономика - на зависимость от поставок дорогостоящей энергии из сопредельных стран. Это значит, что мы будем финансировать развитие энергетики в других странах, как это происходит сейчас. Все это не отвечает требованиям энергетической безопасности. Прогноз потребности в электроэнергии до 2020 года по Казахстану показан в табл. 1.

Таблица 1

Потребность в электроэнергии в Казахстане
на период до 2020 года, млрд кВт ч

Потребность	1990 г.	1995 г.	1996 г.	1997 г.	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2020 г.
Минимальная	105	74,7	65,7	71,0	72,0	73,0	75,0	85,0	95,0	110
Максимальная	—	—	—	72,0	74,0	76,0	80,0	95,0	105	125

Очевидно, (см.табл.1), что выход на уровень потребления электроэнергии 1990 года можно ожидать по минимальному варианту к 2015 году и по максимальному - к 2010 году. Удовлетворение растущего спроса на потребление электроэнергии можно осуществить за счет восстановления выработки на ныне действующем оборудовании до ранее достигнутого уровня, а также ввода в действие очередных агрегатов на ряде электростанций. Они заменят выводимые на реконструкцию мощности, а в дальнейшем будут участвовать в удовлетворении спроса на потребление электроэнергии. Для восстановления выработки потребуется до 2002 года заменить 38 устаревших турбоагрегатов на оборудование новых поколений, общей мощностью 3,2 млн кВт, и продолжать эту работу по мере старения оборудования. Общая мощность очередных агрегатов составляет 1650 Мвт с выработкой около 10 млрд кВт ч в год. При этом, теплофикационные агрегаты на теплоэлектроцентралях с комбинированной выработкой тепла и электроэнергии и минимальными затратами минерального топлива предназначаются для теплоснабжения городов и цель их ввода определяется в основном этим.

Исторически сложилось, что потребности в электроэнергии по Актюбинской и Западно-Казахстанской областям удовлетворялись за счет ее получения из прилегающих районов России. С развитием нефтегазовой промышленности в Западном Казахстане стало возможным создание собственных генерирующих источников и в период до 2000-2003 гг. можно осуществить монтаж газотурбинных установок общей мощностью около 500 МВт. При этом первоочередной мерой является утилизация попутного газа нефтедобычи, ныне сжигаемого в факелах. В рассматриваемый период намечается сооружение в наиболее необеспеченном электроэнергией регионе - Южном Казахстане первой в республике крупной атомной электростанции с тремя блоками по 640 МВт и годовой выработкой по 4,5 млрд кВт ч электроэнергии на блок, с вводом первого блока в период 2005-2010 гг. В период 2002-2003 гг. будут исчерпаны ресурсы работоспособности действующего в г. Актау атомного реактора БН-350 на быстрых нейтронах, необходимо будет решить вопрос о его замене новым атомным источником либо источником на органическом топливе. В будущем

рассматривается вопрос о сооружении ряда атомных станций для теплоснабжения городов с наиболее тяжелой экологической обстановкой.

Дальнейшее использование возобновляемых энергетических ресурсов должно занять определенное место в энергетическом балансе. Намечаемые пути реанимации электростанций и развития энергетики, охватывающие период до 2010 года, предусматривают как повышение эффективности использования топлива, так и вытеснение его из баланса бестопливной энергетикой. Казахстан наиболее подготовлен идеологически и организационно для использования в коммерческих масштабах энергии ветра и рек, в том числе малых. Так, в 1995 году Международным Финансовым агентством подготовлено предварительное технико-экономическое обоснование для ветровых электростанций (ВЭС) мощностью 40 МВт. В 1996 году Всемирным Банком в рамках Центральноазиатского исследования возобновляемых источников энергии проведена оценка экономической жизнеспособности таких проектов и выделены три приоритетных проекта: строительство ВЭС мощностью 40 МВт в Джунгарских воротах, возведение ряда небольших ГЭС общей мощностью 40 МВт, коммерциализация солнечных систем. В июле 1997 года в Алматы подписан проект "Ускорение развития ветровой энергетики в Казахстане" с Программой Развития ООН Глобальный Экологический Фонд (ПРООН ГЭФ), цель которого - ускорение производства ветроэнергии в коммерческих масштабах для уменьшения использования ископаемого топлива, а следовательно, и связанного с ним парникового эффекта. Этот проект будет иметь три этапа:

- подробное исследование площадки у Джунгарских ворот и других площадок, а также устранение барьеров для производства ветроэнергии;

- строительство демонстрационной ВЭС у Джунгарских ворот, если оно будет признано полезным и необходимым, но возможно создание больше чем одной ВЭС;

- крупномасштабные инвестиции в строительство ВЭС в Казахстане.

Финансирование демонстрационной ВЭС и последующие инвестиции ожидаются со стороны правительства Казахстана; двухсторонних и многосторонних источников, а также ПРООН ГЭФ. Для наблюдения за реализацией проекта, обсуждения проблем развития сектора возобновляемых источников энергии в Казахстане и необходимых перемен в правовой и юридической базе намечается создание Координационного Комитета программы по возобновляемым источникам энергии (ККПВИЭ). Согласно выполненным исследованиям, в Казахстане выявлено девять регионов, наиболее подходящих для развития ветровой энергетики, которые характеризуются скоростями ветра более 8 м/с. Что касается ветровых ресурсов Джунгарских ворот, то скорости ветра там иногда превышают 60 м/с. В качестве первоочередных могут быть еще предложены следующие ВЭС: Шелекская (140 МВт),

Сарыозекская (140 МВт), Алакольская (140 МВт), Каройская (20 МВт), Шенгельдинская (20 МВт), Курдайская (20 МВт), Аркалыкская (10 МВт). Их общая мощность около 530 МВт с годовой выработкой электроэнергии 1,8-2,0 млрд кВт ч в год. Создание ветроэнергетических комплексов может стать реальностью уже в период до 2000-2005 годов. На всех предполагаемых площадках ВЭС с 1994 года функционируют компьютеризованные метеопосты американского производства, которые выполняют непрерывные замеры характеристик ветра на высоте 15 и 30 метров. Данные замеров расшифровываются в научно-исследовательском центре Дании и показывают обнадеживающие результаты. Кроме этих электростанций, намечаемых к сооружению на юго-востоке Казахстана, имеются подходящие площадки с меньшей изученностью в Восточно-Казахстанской области (район Жангиз-Тобе - Аягуза), в Актюбинской области (Мугоджары), в Акмолинской области (район Тургая - Державинки). Кроме возможностей для внедрения крупных ветроагрегатов, имеется значительный потенциальный рынок малых ветросиловых установок мощностью от 3 до 50 кВт, в первую очередь в зонах децентрализованного энергоснабжения, в удаленных районах с высокой стоимостью доставки топлива для электро- и теплоснабжения, водоподъема для фермерских и других потребителей. Наряду с этим, есть надежда, что получит достаточно широкое развитие использование других возобновляемых источников энергии на мелких индивидуальных установках - микроГЭС и гелиоводонагревателях. Однако их широкое применение сдерживается отсутствием денежных средств у возможных владельцев.

По данным Алматыгидропроекта, наиболее перспективным для строительства малых ГЭС в Алматинской области являются бассейны рек Коксу и Тентек. На реке Коксу возможно создание пятнадцати малых ГЭС, суммарной мощностью 235 МВт, с годовой выработкой 1400-1500 млн кВт ч. На реке Тентек возможно сооружение восьми ГЭС, суммарной мощностью до 390 МВт, с годовой выработкой 1300 млн кВт ч. Из числа крупных ГЭС намечается сооружение до 2010 года Майнакской на реке Шарын, мощностью 300 МВт (900 млн кВт ч), Кербулакской на реке Или, мощностью 50 МВт (280 млн кВт ч) и Семипалатинской на реке Иртыш, мощностью 78 МВт (400 млн кВт ч). Кроме того, Алматыгидропроектом выявлено около 300 створов для малых ГЭС, где можно создать установки общей мощностью около 1600 МВт, с годовой выработкой до 5 млрд кВт ч.

С определенной степенью допущения можно отнести к энергосбережению проблему утилизации в энергетических целях попутного газа нефтедобычи, ныне сжигаемого в факелах (около 740 млн м³). Но с полным правом она может быть отнесена к энергоэффективности и экологии как мера по вытеснению сжигаемого топлива на других установках, вырабатывающих электроэнергию, и по снижению вредных выбросов и эмиссии CO₂.

Как нетрадиционный источник может рассматриваться реализация энергосберегающих технологий в самой отрасли при реконструкции энергетических объектов. Это использование турбин малой мощности при редуцировании пара на большом числе промышленных котельных и дросселировании газа на газораспределительных станциях, что, по существу, является возвратом ранее затраченной энергии, терявшейся при традиционных решениях. Потенциал этой энергии, на которую не требуется дополнительное топливо, составляет более 3 млрд кВт ч, его реализация не требует крупных капиталовложений и можно получить отдачу в ближайшие пять лет.

Таким образом, потенциал бестопливной энергетики, который может быть, по современным представлениям, реализован в период до 2010 года, составил 13,6-15,3 млрд кВт ч с предотвращением эмиссии CO_2 15,0-20,0 млн т. Здесь уместно напомнить, что в 1990 году в электроэнергетике Казахстана потребности топлива оценивались в 40,6 млн т угольного эквивалента, в том числе 26,5 млн т - для производства электроэнергии и 14,1 млн т - для производства тепла на централизованных источниках, при этом эмиссия CO_2 составила около 148 млн т [2, 4]. В отопительных системах Казахстана было использовано 29,2 млн т угольного эквивалента с эмиссией CO_2 106 млн т. Представление о возможной выработке электроэнергии без использования органического топлива дает табл. 2.

Таблица 2

Потенциал выработки электроэнергии и сокращения эмиссий CO_2 за счет внедрения бестопливных технологий

Технология	Выработка электроэнергии, млрд кВт ч	Сокращение эмиссии CO_2 , млн т
Крупные гидроэлектростанции	1,6	1,7-2,0
Малые гидроэлектростанции	2,7	3,0-3,5
Крупные ветроэлектростанции	1,8-2,0	2,0-2,6
МикроГЭС и микро-ВЭС	1,0-1,5	1,1-2,0
Атомная энергетика	4,5	5,0-5,8
Газовые детандер-генераторы и паровые турбины	2,0-3,0	2,2-3,9

Как видно (см. табл.2), в общем случае для оценочных расчетов принималось, что сбереженный или произведенный без использования

органического топлива 1 кВт ч электроэнергии предотвращает эмиссию 1,1-1,3 кг CO₂. Дополнительная комбинированная выработка тепла и электроэнергии на теплоэлектроцентралях может уменьшить расход минерального топлива в размере 1 млн т угольного эквивалента с сокращением 3,6 млн т CO₂, а использование полутного газа нефтедобычи - еще 2,7 млн т CO₂. Суммарный эффект от реализации этих мероприятий можно ожидать в размере 21,3-26,3 млн т сокращенного CO₂. В период 2010-2020 годов продолжится развитие бестопливной энергетики на базе возобновляемых и атомных источников, а также нетрадиционных источников энергии, за счет чего можно прогнозировать отказ от сжигания 8-10 млн т угольного эквивалента с предотвращением эмиссии 29-36 млн т CO₂.

В Республике Казахстан при участии ЮСАИД разработана и утверждена Постановлением Правительства от 19.04.96 № 474 Программа энергосбережения, положения которой учитывались при оценке спроса на электроэнергию на перспективу. Этой Программой оцениваются три потенциала энергосбережения [1]:

- технологический - максимальный, реализуемый при возможном осуществлении всех технологических достижений на определенный момент времени;
- экономический, реализуемый при действительных экономических ограничениях возможных инвестиций в мероприятия энергосбережения;
- рыночный, реализуемый при реальных экономических ограничениях, вытекающих из экономической, структурной и организационной ситуации в стране. Расчетные потенциалы энергосбережения в целом по Казахстану приводятся в табл. 3.

Таблица 3

Потенциал энергосбережения, млн т угольного эквивалента

Потенциал	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.
Технологический	45,6	38,5	33,3	22,3
Экономический	22,0	17,3	10,8	-
Рыночный	19,3	13,4	7,0	-

При этом расчетный технологический потенциал в электроэнергетике оценивается в размере 7,9 млн т угольного эквивалента в 1995 г., 6,6 - в 2000 г. и 5,8 - в 2005 г. Рациональное использование энергии у потребителей позволило бы за 5-7 лет реализовывать около 10 % рыночного потенциала энергосбережения, в основном за счет применения жестких административных и нормативных методов, включающих санкции за очевидные и легко устранимые потери энергии. Естественно, цифры энергосберегающего потенциала и вытеснение топлива из баланса бестопливными технологиями получения энергии - это

совершенно различные сферы и сопоставляться не должны. В будущем, по мере реализации программы энергосбережения, необходимо проводить ее корректировку с учетом фактического изменения климата и технического состояния электростанций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная программа энергосбережения Республики Казахстан в период становления рыночных отношений: концепция энергосбережения / Министерство энергетики и угольной промышленности Республики Казахстан. - Алматы, 1995. - 76 с.
2. Carbon Dioxide Emissions from Fossil Fuel Burning: Emissions Coefficients and the Global Contribution of Eastern European Countries / G. Marland, T. Boden, R. Andres // Idojaras. - 1995. - Vol. 99, № 3-4. - P. 157-170.
3. Inventory of Kazakstan Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990 / E. Monocrovich, et. al. // Greenhouse Gas Emission Inventories. Interim Results from the U.S. Country Studies Program. - 1996. - P. 289-297.
4. GHG Emissions from the Power Generation Sector, Mobile Sources and the residential Sector in Kazakstan / E. Monocrovich, N. Inozemtseva, D. Danchuk // Idojaras. - 1995. - Vol. 99, № 3-4. - P. 337-344.
5. National Greenhouse Gas Emission Inventories in Developing Countries with Economies in Transition: Global Synthesis / B. Braatz, S. Barvenik // Greenhouse Gas Emission Inventories. Interim Results from the U. S. Country Studies Program. - 1996. - P. 1-45.

Министерство энергетики и природных ресурсов РК

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЭЛЕКТР ӨНДІРУ ЭНЕРГЕТИКАСЫНЫҢ ӨРКЕНДЕУ СТРАТЕГИЯСЫ ЖӘНЕ ПАРНИК ГАЗДАРЫНЫҢ ЭМИССИЯСЫНА ШЕК ҚОЮДЫҢ АЛДЫҒЫ БАҒЫТТАРЫ

Г.А.Папафанасопуло

Электр өндіру энергетика саласы жұмысының талдауы көрсетілген. Электр өндіру энергетикасының өркендеу стратегиясының негізгі тәртіптері келтірілген. Парник газдарының шығуына кедергі болатын энергетика өрісінде жоспарланған шаралар қарастырылған.

УДК 551.510.52:551.52.003.12(574)

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА СОКРАЩЕНИЯ ЭМИССИЙ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ КАЗАХСТАНА

Канд. геогр. наук С.В. Мизина
Канд. геогр. наук О.В. Пилифосова
Академик МН-АН Э.Ф. Госсен

Приводятся данные выбросов парниковых газов от неэнергетического сектора Казахстана. Рассматриваются возможные варианты сокращения эмиссий от животноводства, в производстве зерна, риса. Описана возможность утилизации метана с угольных шахт и получения его со свалок.

В ходе выполнения обязательств Рамочной Конвенции по изменению климата (РКИК) в рамках программы U.S. Country Studies в Казахстане были выполнены работы по инвентаризации парниковых газов (ПГ), оценке уязвимости и адаптации к возможным изменениям климата и рассмотрены возможные меры по смягчению влияния парниковых газов в соответствующих секторах экономики. Следующим шагом является разработка Национального плана действий по РКИК (НПД РКИК). Этот процесс включает в себя такие важные моменты, как определение приоритетных мер и технологий по снижению выбросов ПГ, детальную оценку потенциала сокращения эмиссий для этих мер, разработку стратегий их выполнения, а также разработку процедур интеграции НПД РКИК с другими планами и программами устойчивого развития страны.

Для Казахстана, экосистема которого уже сейчас сильно уязвима, исследования в области изменения климата являются особенно актуальными, однако политика республики сейчас и в дальнейшем будет направлена в основном на решение серьезных экономических проблем. Тем не менее, существует ряд программ по развитию сельского и лесного хозяйства, в области охраны окружающей среды, включающих в себя мероприятия, которые среди прочих экономических и экологических выгод будут способствовать и снижению выбросов ПГ. Следовательно, для того, чтобы быть успешным вообще и в области стратегий ограничения влияния эмиссий парниковых газов в частности, НПД РКИК должен максимально интегрироваться с другими национальными планами и программами устойчивого развития.

В результате изучения национальных программ и стратегий развития сельского, лесного хозяйства, в области экологии и охраны окружающей среды с точки зрения оценки возможного сокращения эмиссий парниковых газов в неэнергетическом секторе Казахстана в качестве программ, которые могут быть интегрированы с НПД РКИК, отобраны следующие:

- Концептуальная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 1993-1995 годы и до 2000 года;
- Национальная программа "Леса Казахстана";
- Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием;
- Национальная программа по сохранению биоразнообразия.

Исследования, выполненные авторами [4], позволили определить основные варианты снижения эмиссий ПГ в сельском, лесном хозяйстве, при изменении землепользования в соответствии с имеющимися возможностями и потенциалом сокращения ПГ. Расчеты выбросов парниковых газов проведены по методике Межгосударственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [2].

Территория Казахстана обширна, но основные возможности в увеличении поглощения CO_2 существуют на ограниченной ее части между 51 и 57° с.ш., где расположены около 40 млн га пахотно пригодных земель, леса. Малопродуктивные пастбищные и сенокосные угодья между 45 и 51° с.ш., также обладают некоторым потенциалом поглощения CO_2 .

Особое место в "Концептуальной программе..." [1] занимают варианты сокращения посевов зерновых культур на низкопродуктивных землях. Уже сейчас из 22,7 млн га, бывших под зерновыми в 1990 г., остались занятыми всего 17 млн га. В табл. 1 даны варианты дальнейшего сокращения пашни на низкоурожайных землях при соответствующей интенсификации производства зерна. Возделывание пшеницы при соблюдении необходимых условий будет экономически выгодным по всем вариантам. Земли, освободившиеся после вывода их из севооборота, должны быть засажены многолетней травянистой и кустарниковой растительностью, в случае отсутствия средств на такие мероприятия произойдет постепенное зарастание этих земель естественным путем в течение 7-8 лет. В результате, углерод будет накапливаться в почве.

Таблица 1

Экономическая оценка зернового производства и количество удержанного углерода по вариантам при сокращении посевных площадей и применении интенсивной технологии выращивания

Вариант	Посевная площадь, тыс. га	Уменьшение посевной площади, тыс. га	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, млн т	Затраты на производство зерна, млн долл.	Уровень производственной рентабельности, %	Удержанный углерод, Гг/год
Исключение площадей с урожайностью ниже:							
1) 5 ц/га	18 343, 1	4 410, 5	14, 2	26 054, 3	2 998, 9	34, 7	308, 7
2) 6 ц/га	16 275, 8	6 477, 8	14, 9	24 200, 8	2 666, 8	40, 7	453, 4
3) 7 ц/га	13 111, 7	9 641, 9	16, 2	21 223, 6	2 169, 2	51, 7	674, 9
Дифференцировано по областям исключение площадей с урожайностью ниже:							
4) 5 и 6 ц/га	18 370, 5	4 383, 1	14, 2	26 012, 6	2 990, 2	34, 8	306, 8
5) 5, 6 и 7 ц/га	17 044, 7	5 708, 9	14, 4	24 266, 9	2 786, 2	36, 1	399, 6

Расчет возможного количества углерода, которое может быть удержано, сделан предполагая, что существенных изменений в наземной биомассе не произойдет, и при условии, что выведенные из севооборота почвы не подвергнутся деградации. В этом случае МГЭИК рекомендует использовать для расчетов осредненное значение количества накапливаемого углерода для пастбищ умеренных широт, равное 70 т/га. Приведены результаты расчета по всем вариантам (см. табл. 1). Общее количество накопленного углерода варьирует от 308,7 Гг для первого варианта до 674,9 Гг для третьего. Третий вариант кажется наиболее привлекательным с точки зрения уровня рентабельности и количества накопленного углерода, однако валовой сбор зерна при этом будет наименьшим. По-видимому, самым приемлемым вариантом может быть второй как наиболее средний.

Среди других мер снижения концентрации CO_2 в атмосфере в неэнергетическом секторе наиболее обещающим является увеличение поглощения углерода при расширении лесных насаждений и сохранение существующих стоков или поглотителей. В 1990 году леса занимали около 3,7 % (9,6 млн га) территории Казахстана и поглощали примерно 4,627 Гг CO_2 . Учитывая эмиссию CO_2 при лесных пожарах, общий сток CO_2 по лесному сектору был оценен в этом году 4,011 Гг [3].

Как показали исследования Казахского научно-исследовательского института лесного хозяйства, оптимальная площадь лесов для республики (учитывая экономические и климатические условия) составляет 5,1 % всей территории. В Национальной программе "Леса Казахстана" рекомендовано довести лесистость территории до 4,6 % к 2010 году и до 5,1 % - к 2020. Эти площади (около 3,8 млн га) должны быть засажены преимущественно смешанными мягкими древесными породами. В соответствии с рекомендациями МГЭИК, годовой прирост в биомассе можно оценить в 14,5 т/га, а фракция углерода в сухой массе равна 0,45, следовательно, годовое количество поглощенного углерода будет равно 2140 Гг. Возможное изменение количества углерода в почвах под искусственными лесными насаждениями не учитывалось из-за неопределенности в методике расчета [2].

Таким образом, если площадь лесов будет увеличена, как это рекомендовано в программе "Леса Казахстана", поглощение ими углерода скомпенсирует от 1,7 до 2,7 % общей эмиссии CO_2 с территории Казахстана. Примерная стоимость посадок оценена в 3,5 млрд долларов США, видимо, для выполнения этого мероприятия в полном объеме Казахстану необходима иностранная финансовая помощь.

По нашим оценкам, в 1990 году сельскохозяйственная деятельность отвечала за 5,564 ММТСЕ (миллион метрических тонн углеродного эквивалента), или примерно 8 % всех эмиссий ПГ в Казахстане [3]. Наиболее существенными являлись выбросы CH_4 , поскольку сельскохозяйственный сектор производил более 45 % общей

эмиссии метана в Казахстане, обусловленной кишечной ферментацией, и эмиссии от навоза домашних животных, а также при культивировании риса.

Результаты расчетов эмиссий метана в животноводстве на 1990 год даны в табл. 2. Количество выбросов зависит от типа, возраста и продуктивности животных. Эмиссии от навоза являются следствием его переработки в анаэробных условиях. Расчеты выполнены по методике, рекомендованной МГЭИК для развивающихся стран и стран переходного периода, учитывая, что животноводческие комплексы расположены в основном в Западном и Северном Казахстане, где среднегодовая температура воздуха составляет примерно 1-2 °С.

Таблица 2

Эмиссия метана от животноводства в 1990 году

Вид скота	Поголовье, тыс. голов	Эмиссия от внутри-кишечной ферментации, Гг/год	Эмиссия от навоза, Гг/год	Общая эмиссия, Гг/год
Немолочный скот*	6 491,6	285,6	6,5	292,1
Молочные коровы	3 326,8	186,3	53,2	239,5
Овцы и козы	36 223,0	181,1	5,8	186,9
Свиньи	3 262,3	3,3	13,0	16,3
Лошади	1 618,8	29,1	2,6	31,7
Верблюды	142,5	6,6	0,3	6,9
Всего		692,0	81,4	773,4

* Немолочный скот включает коров многоцелевого назначения, быков и молодняк.

В 1990 г. эмиссии от животноводства составили 774,5 Гг. Таким образом, животноводство ответственно за 93 % эмиссий метана в сельском хозяйстве. Эмиссия метана от кишечной ферментации составляла 89 % общей, а эмиссия CH_4 от навоза составила 11 %.

В "Концептуальной программе..." предложены четыре варианта развития животноводства республики. Они предусматривают сокращение численности скота при одновременном увеличении его продуктивности. В табл. 3 рассмотрены два варианта и, соответственно, возможное сокращение эмиссий метана. Эмиссии от домашней птицы не рассматривались, поскольку они вносят незначительный вклад в общие выбросы. Выбросы метана (см. табл. 3), могут сократиться до 606-640 Гг/год для двух вариантов или на 133,6 и 167,3 Гг/год, что составит 18-21 % снижения эмиссий по сравнению с базовым годом. Кроме того, следует учитывать такой немаловажный фактор, как сокращение выбросов на единицу получаемой животноводческой продукции. Потенциал научно-исследовательских работ, готовых к внедрению, весьма разнообразен и эффективен и в отношении утилизации метана.

Таблица 3

Эмиссия метана от животноводства при выбранных вариантах

Вариант	Поголовье, тыс. голов	Эмиссия от внутрикишечной ферментации, Гг/год	Эмиссия от навоза, Гг/год	Общая эмиссия, Гг/год
Немолочный скот*				
1	5 719,0	-251,6	5,7	257,3
2	5 445,0	239,6	5,5	245,1
Молочные коровы				
1	2 309,0	129,3	36,9	166,2
2	2 289,0	128,2	36,6	164,8
Овцы и козы				
1	31 000,0	155,0	5,0	160,0
2	26 200,0	131,0	4,2	135,2
Свиньи				
1-2	1 500,0	1,5	6,0	7,5
Лошади				
1	2 000,0	36,0	3,2	39,2
2	2 200,0	39,5	3,5	43,0
Верблюды				
1	200,0	9,2	0,4	9,6
2	220,0	10,1	0,4	10,5
Всего				
1		582,6	57,2	639,8
2		549,9	56,2	606,1

* См. табл. 2.

Определенные объемы навоза могут быть переработаны в биогаз и использованы в сельском хозяйстве на месте переработки. Потенциал снижения эмиссий метана в сельском хозяйстве при этом варианте составит 5-6 % в год по сравнению базовым годом [4].

Эмиссии метана от выращивания риса (табл. 4) дают относительно малый вклад в общую эмиссию метана от сельского хозяйства и составляют примерно 5,7 %. Осредненный фактор эмиссии для Казахстана, руководствуясь методикой МГЭИК и базируясь на средней температуре вегетационного периода и режиме орошения, оценен равным 4,22 кг/га в сутки. Общая площадь рисовых плантаций в 1990 году была около 120,0 тыс. га. Средняя продолжительность выращивания всех сортов риса, культивируемых в Казахстане, равна примерно 115 суток. Таким образом, эмиссия равна

$$4,22 \times 120\,000 \times 115 = 57\,459\,520 \text{ кг} = 57460 \text{ Гг.}$$

Таблица 4

Эмиссии метана с рисовых плантаций

Область	Площадь рисовых систем, тыс. га	Насыщенность рисом, %	Площадь риса, тыс. га	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, тыс. т	Эмиссия метана, Гг
Состояние производства на 01.01.92						
Кызылординская	189,0	43,4	83,0	43,6	357,6	39,8
Южно-Казахстанская	34,0	58,5	20,5	48,0	95,6	9,7
Алматинская	28,0	43,9	12,3	41,0	50,6	5,7
Талдыкорганская	10,0	42,0	4,2	41,1	17,2	2,0
Итого	261,0	45,4	120,0	44,0	521,0	57,3
Рекомендуемый вариант						
Кызылординская	189,0	37,5	70,8	45,0	318,5	34,6
Южно-Казахстанская	34,0	37,5	12,8	55,0	70,4	6,2
Алматинская	28,0	42,6	11,9	45,0	53,6	5,8
Талдыкорганская	10,0	33,2	3,3	45,0	14,9	1,6
Итого	261,0	37,9	98,8	46,3	457,4	48,2

Общая потребность в рисе по республике составляет 120 тыс. т, а в 1990 году выход рисовой крупы был 260-300 тыс. т. В то же самое время экстенсивное производство риса неблагоприятно влияет на экологическую ситуацию в Южном Казахстане. Забор воды сокращает поступление ее в Арал и озеро Балхаш. Нерациональное использование минеральных удобрений, особенно азотных, привело к превышению допустимых норм концентрации нитритов и нитратов в оросительных и подземных водах. Поэтому необходимо ставить вопрос о снижении посевов риса. В "Концептуальной программе..." предложено уменьшить площадь возделывания риса, однако резкое сокращение посевов невозможно. Во-первых, рисовые ирригационные системы являются сугубо специфическими и дорогостоящими сооружениями; во-вторых, и это самое главное, после сокращения площадей возможно развитие вторичного засоления почв. Исходя из этих соображений, предложено уменьшить площадь рисовых насаждений с 120 до 98,8 тыс. га. Рассчитаны эмиссии метана при изменении посевных площадей (см. табл. 4). К 2000 году можно ожидать, что эмиссия метана уменьшится на 10 Гг/год, или примерно на 20 % общей эмиссии метана с рисовых плантаций в 1992 г.

Следующим источником парниковых газов в неэнергетическом секторе являются выбросы метана из угольных шахт. Добыча угля в Казахстане в 1990 г. составила около 114 млн т/год, а его запасы

оценены в 64 млрд т. Эмиссии метана из угольных шахт оценены на основе данных о добыче угля по методике МГЭИК и составили 751 Гг (или около 5 ММТСЕ), что равно почти 49 % общей эмиссии метана в Казахстане в 1990 г. [3]. Мероприятия по снижению выбросов CH_4 в угледобывающей промышленности очень привлекательны для целей уменьшения влияния выбросов ПГ, а также получения экономических прибылей. В настоящее время метан практически не используется как сырье для нефтяной промышленности, незначительное его количество сжигается в различных энергетических установках, а остальная часть уходит в атмосферу. Какой-либо особой программы по утилизации метана из угольных шахт в Казахстане нет. Однако существует несколько разработанных технологий и пилотных проектов, внедрение которых может стать частью НПД РКИК.

Все упомянутые мероприятия разработаны в 1993-1994 гг. Однако в 1995-1996 гг. экономические условия в Казахстане ухудшились. Как результат, неэнергетический сектор дает даже меньше эмиссий ПГ, чем в базовом году. Не только засеваемая пшеницей, но вся обрабатываемая площадь в настоящее время сокращается. По данным Казгипрозема, на 1 января 1996 года общая площадь пригодной для обработки земли составляет 23,2 млн га, 17 млн га заброшены. Таким образом, почва аккумулирует углерод уже сейчас. Годовое количество накапливаемого углерода составляет примерно 1190,0 Тг. Примерно 362 тыс. га засажены плодово-ягодными деревьями и кустарниками на дачных участках и личных подсобных хозяйствах. Это увеличило сток CO_2 примерно на 20,4 тыс. Гг. Площади, занятые под рисовыми плантациями, уменьшились со 120,0 до 70,0 тыс. га. В настоящее время годовая эмиссия метана с рисовых чеков равна 33,5 Гг.

К январю 1996 года поголовье крупного рогатого скота уменьшилось на 44 %, овец - на 62 %. Происходит стихийный сброс скота. Эмиссия метана от животноводства уменьшилась на 45 % по сравнению с базовым годом. Годовая эмиссия CH_4 для различных видов животных представлена в табл. 5.

Таблица 5

Эмиссия метана от животноводства в 1996 году

Вид скота	Поголовье тыс. голов	Эмиссия от внутрикишечной ферментации, Гг/год	Эмиссия от навоза, Гг/год	Общая эмиссия, Гг/год
Немолочный скот*	2 931,9	129,0	2,9	131,9
Молочные коровы	2 594,7	145,3	41,5	186,8
Овцы и козы	13 905,8	69,5	2,2	71,7
Свиньи	1 073,0	1,1	4,3	5,4
Лошади	1 322,9	23,8	2,1	25,9

Вид скота	Поголовье тыс. голов	Эмиссия от внутрикишеч- ной фермента- ции, Гг/год	Эмиссия от навоза, Гг/год	Общая эмиссия, Гг/год
Верблюды	109,7	5,0	2,1	7,1
Всего		373,7	55,1	428,8

* См. табл. 2.

В данной статье не рассмотрены возможные мероприятия по смягчению воздействия выбросов ПГ в неэнергетическом секторе, связанные с изменением в технологии использования удобрений, обработки почв и т.д.

Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием не имеет прямого отношения к уменьшению эмиссии парниковых газов. Однако действия и меры, предусмотренные в программе относительно снижения техногенной нагрузки на растительный покров, на восстановление и поддержание сенокосно-пастбишных угодий, лесных массивов, растительности пустынной и полупустынной зон, а также осуществление экологического мониторинга и контроля, включающего подготовку, принятие и реализацию на практике нормативно-правовых актов по защите окружающей среды, позволят косвенно снизить эмиссию CO₂ за счет поглощения углекислого газа восстановленной и сбереженной растительностью. То же самое можно сказать относительно Национальной программы по восстановлению биоразнообразия.

Таким образом, Национальный план действия по РКИК, скорректированный с концепциями развития агропромышленного комплекса и лесного хозяйства, с Национальными программами действий по борьбе с опустыниванием и по сохранению биоразнообразия, даст возможность в значительной степени смягчить влияние парниковых газов в неэнергетическом секторе Казахстана. Однако реализация НПД потребует иностранных инвестиций и мобилизацию государственных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концептуальная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на период 1993-1995 гг. и до 2000 года / Под ред. Г.А. Калиева- Алматы: НИЦ Бастау, 1994. - 314 с.
2. Greenhouse gas inventory workbook: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories/Edited by B.Bolin. - London, 1994. - Vol. 2. - P. 4-1 - 5-16.

3. Inventory of Kazakstan Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990/ E.I. Monocrovich, O. Pilifosova, D. Dunchuk et.al.//Greenhouse Gas Emission Inventories. Interim Results from the U.S. Country Studies Program. - Dordrecht; Boston; London: Kluwer Academic Publishers, 1996. - P. 289-299.
4. Mizina S.V., Pilifosova O.V., Gossen E.F. Priority mitigation measures in non-energy sector in Kazakstan//Proceedings of International Workshop on Greenhouse Gas Mitigation Technologies and Measures. Beijing, China. - 1996. - P. 171-179.

Қазақстан ғылыми-зерттеу институты
мониторинг және климат ортасының

Ұлттық академиялық орталық
аграрлық зерттеулері

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЭНЕРГЕТИКАСЫЗ СЕКТОРЛАРЫНДА ПАРНИКТІ ГАЗДАРДЫ АЗАЙТУ ЭМИССИЯСЫНЫҢ ПОТЕНЦИАЛДЫҚ БАҒАСЫ

Геогр. ғыл. канд. С.В. Мизина
Геогр. ғыл. канд. О.В. Пилифосова
FM-FA академигі Э.Ф. Госсен

Қазақстанның энергетикасыз секторынан шыққан парникті газдардың мөлшері келтірілген. Күріш, бидай өндірісі мен мал шаруашылығы эмиссиясын қысқарту жолдарының мүмкіншілігі қарастырылған. Метанды көмір шахталарынан, қоқыстан өндіру мүмкіншіліктері баяндалған.

УДК 631.417.1 : 504.53 (574)

**ОБ ОЦЕНКЕ ПОТЕНЦИАЛА НАКОПЛЕНИЯ УГЛЕРОДА В
ПОЧВАХ КАЗАХСТАНА В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА НА
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Канд. с.-х. наук Ю.М. Попов

Рассматриваются процессы окисления углерода почвенного гумуса, а также возможное поглощение CO_2 из атмосферы и связывание его в почве в органических формах при переходе на экологические системы земледелия.

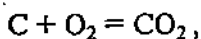
Австралийский ученый А. Йеманс [11] привел расчеты возможного поглощения углекислого газа из атмосферы почвами и фиксацию его в форме органических соединений при переходе на устойчивые органические или экологические системы земледелия. При этом объемы возможного связывания CO_2 в масштабе планеты были сопоставимы с его выбросами при сжигании ископаемого топлива. Ниже дана попытка приблизительно оценить возможный потенциал поглощения CO_2 из атмосферы почвами на территории Казахстана.

Многие исследователи [1, 2, 5, 7, 9 и др.] отмечают постоянные потери питательных веществ и гумуса в почвах при сложившихся системах сельскохозяйственного использования земельных ресурсов. За 35 лет эксплуатации целинных земель Северного Казахстана из 4,3 млрд т запасов органического вещества пахотного слоя 0-25 см утрачено за счет его минерализации, водной эрозии и дефляции около 1 млрд т или 28,3 % естественного его содержания в зональных почвах. При этом потери 1 см гумусного слоя влекут снижение запасов почвенного органического вещества на 2-4 т/га, урожая - на 2-4 % [4]. Это стало одной из причин снижения средней урожайности зерновых культур в Казахстане в последние годы [6].

Уровень применения органических удобрений в Казахстане очень низкий. В 1981-1991 гг. в среднем вносилось по 0,5-0,9 т/га навоза, в последующие годы еще меньше. В Северном Казахстане более 70 % пашни сосредоточено под посевами зерновых, с преобладанием монокультуры яровой пшеницы, возделываемой в условиях несбалансированной по основным питательным веществам системы удобрений. Поэтому, вынос элементов питания растениями велик, особенно большие потери гумуса. За 20 лет в пахотном горизонте обыкновенного чернозема содержание органического вещества

снизилось с 6,9 до 5,3 %, а в слое 20-40 см - с 5,3 до 4,3 %. В темно-каштановой почве Семипалатинской области за 67 лет потеряно 57 % гумуса, а на таких же почвах Актюбинской области через 18 лет - 63 %. За 20 лет использования пашни в метровом слое почвы в двухпольном зернопаровом севообороте терялось 29 т/га гумуса, пятипольном с выводным клином многолетних трав - 22,9 т/га, в десятипольном зернотравяном - 17,6 т/га [8]. В республике под зерновыми культурами в течении года теряется 0,4 т/га гумуса, 1,5 т/га - под пропашными, 1,7 т/га - в чистом пару. Также уменьшение гумуса отмечается при бессменных посевах сельскохозяйственных культур. Например, при монокультуре сахарной свеклы за 17 лет содержание гумуса в пахотном слое уменьшилось с 2,93 до 2,43 %, в интервале 0 - 40 см с 146,8 до 127,1 т/га [3].

Снижение плодородия почв, их истощение обуславливаются процессом минерализации гумуса. При этом происходит окисление органического углерода гумуса до диоксида по уравнению



где С - атом органического углерода, O₂ - два атома атмосферного кислорода, CO₂ - молекула углекислого газа, диффундирующая в атмосферу. Исходя из соотношения атомных весовых единиц, отметим, что на одну часть углерода приходится 2,6 частей кислорода. Такое же соотношение сохраняется и при обратном восстановительном процессе, когда углерод фиксируется в органическом веществе почвы, а кислород поступает в воздух. Содержание органического углерода в гумусе черноземов обыкновенных составляет 57,6 %, в темно-каштановых почвах 57,5 % [4]. В других зональных и луговых типах и подтипах почв его соотношение в почвенном гумусе сохраняется примерно на этом уровне. Так как общие потери гумуса в почвах Северного Казахстана за 35 лет составили около 1 млрд т, то примерно 0,5 млрд т органического почвенного углерода окислилось с образованием и последующей эмиссией в атмосферу более 1,5 млрд т CO₂.

Следует отметить, что внедрение интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур имело ряд непредвиденных последствий: усилились процессы деградации и эрозии почв после ввода в эксплуатацию степных, пустынных и склоновых земель, ухудшилось качество природных вод, уменьшилось биологическое разнообразие, обострилась проблема утилизации отходов. На фоне продолжающейся интенсификации производства сократилось число фермеров в сельском хозяйстве. Кроме этого, в условиях интенсивной химизации в почвах постепенно снижаются запасы гумуса и ухудшается их плодородие, они требуют больше удобрений. При этом растения, последовательно теряя жизнестойкость, нуждаются в прогрессивно увеличивающейся дозе пестицидов и фунгицидов.

Вышеприведенные данные подтверждают мнение о необходимости перехода на устойчивые системы развития сельского хозяйства, суть которых можно сформулировать следующим образом: интегрированная система практики производства растительной и животноводческой продукции в течение длительного периода с прогрессивным повышением плодородия почв, с удовлетворением потребности человека в пище и сырье, улучшением качества окружающей среды, поддержанием экономической жизнеспособности фермерского хозяйства, высокого уровня жизни фермеров и общества в целом [10, 11]. Устойчивая система экологического или органического земледелия подразумевает постепенный переход на биологические методы борьбы с сорняками полей и вредителями возделываемых культур, замещение минеральных удобрений органическими, повышение плодородия почв за счет углубления гумусового горизонта и увеличение содержания гумуса на первом этапе до естественных уровней зональных почв. Продолжительность этого этапа примерно 35-50 лет.

Устойчивая система сельского хозяйства прямо связана с проблемой парниковых газов. Главным ее стержнем является технология формирования органических почв, которая основывается на биологической активности плодородных субстратов с увеличением содержания гумуса, при этом происходит массовая концентрация в гумусе CO_2 из атмосферы и связывание углерода органических остатков. На первом этапе устойчивого "органического" земледелия процесс связывания CO_2 атмосферы и закрепления его в почвенном органическом веществе следует ожидать примерно в таком же объеме, как при биологической эрозии. Одновременно на остальной территории республики в гумусе почв будет связано еще не менее 1 млрд т углекислого газа. Приведенные объемы эмиссии и возможной фиксации углекислого газа нуждаются в уточнении после пересчета по почвенным зонам и подзонам Казахстана.

В Австралии считают, что национальное богатство - почва, однажды утраченная, не потеряна навсегда [11]. В этой стране успешно развивается "биодинамическое или органическое" земледелие, основанное на использовании, в основном, органических удобрений. Экологически чистая продукция, полученная в таких условиях, пользуется повышенным спросом, поддерживая приемлемую рентабельность фермерского производства. Уже более 30 % фермерских хозяйств Австралии работают в рамках устойчивого развития земледелия.

Переход на устойчивые системы земледелия представляется длительным и трудным. Но в условиях техногенного пресса в Казахстане ему нет альтернативы, так как в итоге такие системы сохраняют плодородные почвы, чистую среду и продукты питания

высокого качества, снижают неблагоприятный эффект парниковых газов.

При разработке Национального плана действий по охране окружающей среды для устойчивого развития Республики Казахстан необходимо предусмотреть, с учетом изменения формы собственности на землю, максимальную государственную поддержку через налоговые льготы и другие экономические стимулы тех фермерских хозяйств, которые будут осваивать технологии биодинамического или органического земледелия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аханов Ж.У., Соколенко Э.А. Агроэкологический потенциал Северного Казахстана // Вестник АН КазССР. - 1990. - № 4. - С. 48-58.
2. Бельгибаев М.Е., Фаизов К.Ш. Современный антропогенез и проблемы экологии почв Казахстана // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 1. - С. 154-165.
3. Жуков А.И., Сорокина Л.В. Влияние минеральных удобрений на водорастворимый гумус // Химизация сельского хозяйства. - № 2. - С. 31-38.
4. Ковда В.А. Основы учения о почвах. Кн.1. - М.: Наука, - 447 с.
5. Мартынова Е.А. Изменение обеспеченности почв подвижными питательными веществами и гумусом // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. - 1988, - № 9. - С. 23-26.
6. Сельское хозяйство Республики Казахстан. - Алматы: Госкомстат, 1996. - 184 с.
7. Фаизов К.Ш., Бельгибаев М.Е. Почвенные ресурсы Казахстана, их использование и охрана // Гидрометеорология и экология. - № 3. - С. 126-135.
8. Юмагулова А.Н. Плодородие почв, пути его регулирования. Алма-Ата: Кайнар, 1986. - 87 с.
9. Maul Y., Garmanov V., Rikoon J.S. Soil Conservation and Agricultural Land Use Issues in Kazakhstan // Soil and Water Conservation. - 1993. - Vol. 48, N 5. - P. 383-388.
10. Sustainable Agriculture. SWCS Policy Position Statement // Soil and Water Conservation. - 1995. - Vol. 50, N 6. - P. 634-635.
11. Yeomans A.J. The Greenhouse Effect, Soil and Sustainable Agriculture. Australia, Sydney, 1973. - 122 p.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ЖЕР ӨНДЕУ ШАРУАШЫЛЫҒЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕГЕ ӨТУ ЖАҒДАЙЫНДА ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТОПЫРАҒЫНДА КӨМІРТЕГІНІҢ ЖИНАЛУ ПОТЕНЦИАЛЫН БАҒАЛАУ ТУРАЛЫ

Ауыл-ш. ғ. канд. Ю.М. Попов

Егін шаруашылығының экологиялық жүйеге өту кезінде топырақ гумусындағы көміртегінің тотығу процесі және оның атмосфералдан CO_2 -ні сіңіру мүмкіншілігі мен органикалық түрлерге байланысы қарастырылды.

УДК 630*9:551.583.001.12

**STEPS IN PREPARING FORESTRY AND BIODIVERSITY SECTIONS
OF CLIMATE CHANGE ACTION PLANS****DEVELOPMENT AND EVALUATION OF FORESTRY AND
BIODIVERSITY MITIGATION MEASURES**

Anthony DiNicola

Описана методика составления национальных планов действий по предотвращению неблагоприятных последствий изменения климата в лесном хозяйстве и по сохранению биоразнообразия. Рассматриваются подходы к разработке и оценке мероприятий в этих областях по снижению парникового эффекта.

Introduction

Forest ecosystems merit consideration in developing mitigation strategies because they can both be sources and sinks of CO₂. Currently the world's forests are estimated to be a net carbon source, primarily because of deforestation and forest degradation in the tropics. Temperate and boreal forests are a carbon sink because many are recovering from past natural and human disturbances and are actively managed.

There are basically three categories of forest management activities that can be employed to curb the rate of increase in atmospheric CO₂. They are management for conservation, management for storage, and management for substitution. Opportunities to employ these activities will vary from country to country, based on natural resource and climatic characteristics and social, economic and political characteristics [2].

It should be recognized at the outset that the primary objective of the forest management activities presented here - that is to foster carbon conservation and sequestration in forests - is but one of a variety of objectives for forest management that needs to be balanced with other objectives. Other objectives include sustainable development, industrial wood and fuel production, traditional forest uses, protection of natural resources (e.g., biodiversity, water, and soil), recreation, and rehabilitation of damaged lands. It is fortunate that most forest sector actions that promote carbon conservation and sequestration make good social, economic, and ecological sense even in the absence of climate change considerations. The purpose of this paper is to assist countries in identifying, analyzing, and selecting mitigation measures in the forestry sector for inclusion in a climate change

plan. Forestry mitigation measures are defined as policies, programs, or projects that countries can use to reduce CO₂ or enhance carbon sinks.

The steps for identifying, analyzing, and selecting forestry mitigation measures are similar to those proposed for other sectors.

Basic steps include (flow chart):

1. Setting priorities in the forestry sector;
2. Identifying and selecting measures for evaluation;
3. Evaluating selected measures;
4. Choosing measures to be included in the forestry section of the national plan;
5. Developing implementation strategies for each selected measure;
6. Writing the forestry plan.

Setting Priorities for Forestry Mitigation Measures

The goal of this planning step is to identify national policy objectives and geographic areas which represent priorities in a particular country and can guide the development of forestry mitigation measures. The process of setting priorities in the forestry sector involves three steps: examining existing priorities for this sector, considering criteria for selecting from among potential priority areas, and validating selected priorities through a scoping meeting involving decision makers and key stakeholders. The selection of priority areas should be based on the relative magnitude of the potential to reduce CO₂ emissions, the potential for other environmental and economic benefits, and political, social, and economic considerations evident in existing national plans. Examples of priority areas that might guide the identification of forestry mitigation measures include: rural development in a poverty-stricken region through fuelwood plantations or sustainable forest-management regimes; the restoration of critical watersheds through reforestation or forest-protection activities; and environmental improvement or energy-conservation in particular cities through urban tree planting. Table 1 presents a framework with examples of national policy objectives, types of forestry management activities which can be employed as mitigation measures, and some examples of mitigation measures that might be identified in a particular country.

Completed or on-going work by a country's study team on its mitigation assessment should be a basic information source for the priority setting process. In addition, the study team should attempt to integrate information from the vulnerability and adaptation assessments with the mitigation assessment. Projected changes in climate and increases in atmospheric CO₂ can have significant influence on forestry mitigation measures that aim to conserve existing carbon pools in forests or expand carbon storage by increasing the area and growth of forests. In particular, countries that are focusing on these types of measures need to carefully consider how climate change could affect future distribution and growth of forests.

Table 1

**Framework for Considering Priority Areas
and Forest Mitigation Measures**

Priority Areas National Policy Objectives	Forest Management activities	Mitigation Measures- Policies, Programs, Projects
Environmental Protection and Restoration		
Biological diversity	Controlling	Policy reform to reduce
Critical watersheds	deforestation	deforestation or create forest
Air quality	Creating forest reserves	reserves
Urban ecosystems	Low impact harvesting	Cost-sharing programs for
Marginal/degraded lands	Afforestation/refores- tation	afforestation on private lands
	Urban tree planting	Watershed restoration projects
	Fire and pest	Training programs for low-
	protection	impact harvesting
		Watershed restoration projects
		Forest protection research and
		application programs
		Community-based projects
		with local NGO involvement
Sustainable Economic Development		
Industrial wood production	Improved natural forest management	Regulating forest management practices
Rural development	Increased plantations	Special tax incentive programs
	Improved growth and	Training and financial
	stocking Agroforestry	incentives for agroforestry
	Improved wood	Research and training for
	product utilization	improved product utilization
	Long-term wood	Education and incentive
	products	programs for recycling
	Recycling	
Energy Production and Conservation		
Biomass fuels	Increased use of wood	Subsidies for biomass fuel
Wood product use	fuels as fossil-fuel	production
	-substitutes	Technology transfer for wood
	Improved efficiency of	fuels
	fuelwood burning	Marketing programs for wood
	Substitution of wood	products as substitutes for
	for fossil-fuel-based	fossil-fuel-based products
	products	

It is important to examine existing priorities documented in national forestry and to explore priorities in plans and programs from other sectors which overlap with forestry, such as agriculture, energy, and environment. More specifically, forestry mitigation measures must be considered in relation

to: national forestry and land-use plans, which would establish geographic priorities for various types of land use as well as land ownership patterns; national environmental plans, which might establish priorities such as creating a system of forest reserves for biodiversity protection or restoring forests on critical watersheds; economic development plans, which might set goals for industrial wood production through sustainable forest management activities; or national energy plans, which might identify priority opportunities for biomass energy production through fast-growing forest plantations. The priority-setting process should be led by the forestry agency, but, to the greatest degree possible, should include environmental and energy agencies and NGOs, both private industry and voluntary, non-profit organizations.

Biodiversity protection and conservation is a policy objective that is being given special emphasis in international discussions, which is why it is specifically recognized in this section on Forestry and Biodiversity. Fortunately, conservation strategies for protecting biodiversity are often consistent with forest management activities for promoting carbon storage. For example:

Protected area strategies in both mature and secondary forests conserve existing carbon pools in forests while also protecting habitat for biodiversity purposes. Reforestation can be used in landscapes with fragmented forest areas to create corridors between those areas, both creating new carbon sinks and critical habitat for certain wildlife and bird species.

Although the establishment of plantations may be less socially and politically desirable than protected area strategies, plantations can increase local biodiversity through re-establishment of native species in the understory when they are established on highly degraded lands and are subject to no further management [2].

Validating Priorities

The team developing the forestry mitigation plan should consider involving a range of national and local agencies and non-governmental organizations in a meeting process to review existing information and mitigation options, and discuss criteria for setting priorities. This can be done as part of a broader scoping meeting through which the team involves various agencies and interests in discussions of forestry mitigation measures. In the Philippines, for example, the country study team helped create an ad hoc group of agencies and nongovernmental organizations (NGOs) to focus on the identification of forestry mitigation measures. This group, called the "Forest and Climate Change Council", convened a three-day scoping meeting, developing priority areas for mitigation measures and identifying a number of possible measures. Using the priority areas as criteria, the group selected several mitigation measures for further analysis, through a consensus approach. Members of the group then held a press conference to promote public awareness of their joint activities and the forest mitigating measures that had been selected.

Identifying and Selecting Mitigation Measures in the Forestry Sector

Once priority areas for potential forestry mitigation measures are set, the team can begin the process of identifying and selecting specific measures. The process involves a review of potential forestry mitigation measures, the identification of measures which meet a country's policy objectives and fit its context, and the screening of those measures to select a several for further evaluation.

Review of Potential Measures

In order to identify possible forestry mitigation measures for a particular country, it is useful to review the basic types of forestry activities that can be used for reducing emissions and the types of policy and program tools that might be employed in implementing such activities. For clarification, once again, as the term "mitigation measure" is being used here, it will generally combine forest management activities and policy or program tools to help a country meet its policy objectives in an identified priority area. For example, in the Philippines, a scoping meeting identified critical watersheds as priority areas which required ecological restoration through a mix of forest management activities, primarily protecting existing forest reserves and reforesting degraded forestland areas.

Potential forestry mitigation measures were then identified using policy and program tools based on working with local organizations through a community-based forestry approach and a policy initiative to specifically address land-tenure concerns of the local people. The IPCC [2] has identified three basic categories of forest management activities as potential means of reducing CO₂ emissions in the forestry sector. Forestry-sector teams should review these types of activities and consider which most appropriate given the unique characteristics of their country.

1. Management for conservation (prevent emissions). The goal of conservation management is mainly to conserve existing carbon pools in forests as much as possible through activities such as controlling deforestation, protecting forest in reserves, changing harvesting regimes, and controlling other anthropogenic disturbances such as fire and pest outbreaks. Urban tree planting and maintenance activities also fit into this category since the primary carbon benefit is to reduce emissions through energy conservation.

2. Management for storage (short-term measures over next 50 years or so). The goal of storage management is to expand the storage of carbon in forest ecosystems by increasing the area and/or carbon density of natural and plantation forests, and to increase storage in durable wood products.

3. Management for substitution (long-term measures). The goal of substitution management is to increase the transfer of forest biomass carbon into products (e.g., construction materials and biofuels) rather than using fossil-fuel-based energy products, cement-based products, and other building materials.

To help illustrate how forestry mitigation measures combine elements of the forest management activities and various policy and program tools. A list of existing or identified forestry mitigation measures from national action plans in various countries or other initiatives is presented below. Forestry sector teams can refer to the plans or documents in which these measures are described for further detail.

Examples of Forestry Mitigation Measures in Climate Change Plans and Forestry Plans

- Promote improved logging practices. A Malaysian logging company is practicing reduced impact logging as a means to reduce damage to residual trees and soil.

- Encourage agroforestry activities to contribute to sustainable development. Guatemala is implementing a large scale agroforestry project primarily to foster sustainable development but also provide a carbon benefit.

- Promote forest expansion through tax policy. New Zealand is implementing a new tax regime to encourage sound forest management which reflects the long term nature of forest investment.

- Promote development of policies that promote better environmental management. Mexico is developing an improved legal and policy framework to control deforestation and mitigate global climate change including technical exchange programs environmental impact assessment and mitigation and improved environmental planning.

- Substitute biomass for heating oil. Switzerland is implementing a new program to double the consumption of wood for energy generation by substituting wood for heating oil.

- Encourage use of long lived forest products. Switzerland is promoting the use of long-lived forest products in place of more energy intensive materials.

- Provide financial incentives for new afforestation activities. Germany is supporting afforestation on private land by subsidizing initial investment costs and providing compensation for income loss due to set-asides of agricultural land.

- Encourage improved forest management. Germany is encouraging improved forest management strategies that avoid clear cutting and, thus, preserve soil carbon and forest ecosystem structures.

- Promote energy conservation through urban tree-planting. The United States is promoting urban tree planting as a "heat island" mitigation strategy to reduce energy consumption.

- Reduce the depletion of private forests. The United States is implementing a policy aimed at improving the management of forests through technical forestry assistance.

- Control air pollution effects on forests. Germany is implementing wide-ranging measures for combating forest damage from air pollution.

– Encourage use of forest as building materials. Australia is promoting the use of forest products as building materials in place of products made from more energy intensive processes [1].

– Accelerate tree planting on private forest lands. The United States is implementing a policy to promote tree-planting on marginal croplands and improving existing forest land through technical assistance and financial incentive.

– Build capacity of private and public sector institutions to address forest management. The Philippines is enhancing the ecological and economic sustainability of lands managed as primary and secondary forests through policy reform, resource protection and technical assistance.

Screening Mitigation Measures

Once the team has identified a number of possible forestry mitigation measures, a list of criteria should be developed for screening the measures. This screening process will result in rejecting some measures, while others will be selected, or modified, for further evaluation. The following list of criteria could be used as a basis for screening:

1. To what degree does the measure effectively address the highest national priorities in terms of environmental, social, and economic policy?

2. To what degree does the measure address targets of opportunity in the forestry sector by taking advantage of other high-priority forestry activities? (In cases where existing forestry programs or projects are modified to incorporate activities for reducing CO₂ emissions, significant efficiencies might be experienced.)

3. To what degree are other environmental, social, and economic benefits clearly associated with the measure?

4. To what degree will the measure be cost-effective to implement? (In particular, measures should be compared on the basis of their cost-effectiveness in terms of reducing CO₂ emissions.)

5. To what degree does the measure face significant barriers to implementation? (Barriers might include those identified earlier: technical and personnel; financial, market, and resource; and institutional and policy.)

6. To what degree is the measure consistent with mitigation measures in other sectors?

The screening of measures with these criteria could use expert judgment to develop responses to these questions and to array them in a table or matrix. Responses could be presented on a three-point scale, as shown in Table 2. Those measures with the highest scores could be selected for further evaluation.

Evaluation of Selected Measures

Having selected several measures in priority areas, the team should evaluate them in greater detail. The goal of the evaluation is to rank the measures based on their effectiveness (or cost-effectiveness) in fulfilling policy objectives and their ability to overcome key implementation barriers. The analysis of fulfilling policy goals is called effectiveness analysis.

Table 2

A Matrix of Criteria for Screening Forestry Mitigation Measures

Mitigation Measures	National Priority	Target of Opportunity	Other Benefits	Carbon Cost-Effectiveness	Implementation Barriers	Consistency with Other Sectors
Community-based initiative to restore a high-priority watershed through reforestation activities	3	3	3	2	2	2
Urban tree planting initiative to provide energy and aesthetic benefit, using local volunteer groups	1	3	2	1	1	2

Identify Policy Objectives

Team members should begin the effectiveness analysis by identifying major policy objectives related to these forestry mitigation activities. Policy objectives should include reduced CO₂ emissions, but should also recognize other environmental objectives, such as improved water quality and biodiversity protection, and economic objectives, such as increased production of wood or non-wood products.

Team members should try to identify quantitative, or at least ordinal, measures of how well these objectives are satisfied. This will allow for easier comparison of different objectives.

Select Method for Evaluating Measures

After identifying the policy objectives, team members need to select a method to examine how well the selected forestry mitigation measures would perform in fulfilling these objectives, relative to current policies and programs. Whatever analytical methods are used, the evaluation process should involve decision makers and key stakeholders in workshops and meetings to discuss the mitigation measures and results of quantitative analysis. It should be recognized that the evaluation process will consider both quantitative data and subjective judgment.

A number of different analytical approaches can be used to assess the effectiveness of mitigation measures. Team members should use approaches and tools with which they are most familiar. The approach suggested here is a decision matrix, which basically examines cost-effectiveness in achieving policy objectives and considers barriers to implementation. The analysis of cost-effectiveness will likely involve many of the screening criteria (see Table 2), but examined in greater detail. For example, the evaluation should consider discounted benefits and costs of the mitigation measure, to the degree possible.

Evaluating the effectiveness of measures will combine the use of formal analysis, such as the use of analytical tools by scientists on the forestry-sector team, and informal analysis, such as methods to determine expert and policy-maker opinion. Formal analytical methods, such as those presented in the U.S. Country Studies guidance document for mitigation assessments [3], can be used to estimate net carbon flows by comparing carbon flows with particular mitigation measures to carbon flows without the measures (i.e. the reference case.) In addition, net financial costs can be calculated by comparing costs associated with measure to those of the reference case. Expert opinion, on the other hand, might be used as the method for assessing mitigation measures with respect to less quantifiable policy objectives or criteria, such as the relative benefits of measures in terms of water quality or biodiversity protection. An advantage of using expert opinion is that it is much faster and less expensive than formal analytical techniques. A disadvantage is that it is less rigorous and not replicable.

Countries may want to use a decision matrix to analyze the cost effectiveness of forestry mitigation measures by comparing the costs of mitigation measures with their benefits estimated in a common metric (not necessarily dollars). For example, Table 3 illustrates the use of a decision matrix to examine hypothetical mitigation measures in two forested watersheds. A priority area in this hypothetical country is the restoration of critical watersheds. Major policy objectives related mitigation measures in this priority area are identified as effectiveness in reducing atmospheric carbon, biodiversity protection, water quality, and wood production. The decision matrix allows for a comparison between a community-based forestry approach and the current policy in two different watersheds. In the hypothetical example, Watershed 1 has substantial existing forest area threatened by land clearing and forest exploitation. The community-based forestry measures in this watershed are primarily based on creating protected forest reserves, while including some limited sustainable forest management activities. Watershed 2, in contrast, has largely been cleared and only contains remnant forest fragments. The community-based forestry measures in this watershed are primarily focused on reforestation activities to create secondary forest plantations for practicing sustainable forest management, while also creating reserves in environmentally sensitive areas. In the example, expert judgment is used to apply an ordinal ranking (e.g., on a 1 to 5 scale) of how well objectives are fulfilled.

Note that in this example, the community-based forestry mitigation measures in Watershed 1 have a higher score, but the forest-protection measures cost more, due to limited revenues from forest-management activities, and are less cost effective than mitigation measures in Watershed 2 (i.e., \$.13 million cost per unit of benefit compared to \$.07 million cost per unit of benefit). Cost effectiveness is determined by comparing the marginal improvement in score with forestry mitigation measures, over the current policy in each watershed, with the cost of the mitigation measures.

Analysis of the effectiveness of forestry mitigation measures in meeting policy objectives should also identify barriers to implementing the measures and evaluate how difficult or easy it will be to overcome the barriers. This process should be done in cooperation with a range of national agencies, non-governmental organizations, and local institutions to understand the barriers and potential opportunities to address them from variety of perspectives. Team members might develop a matrix like the one shown in Table 4 to track the analysis. The actual entries will be different in each country, based on unique country characteristics.

Forestry sector teams might use the lists of common barriers to implementing forest management activities and policy and program tools to overcome implementation barriers as references in developing their matrices. In the hypothetical example (see Table 4), the matrix identifies key barriers to implementing mitigation measures for restoration of a critical watershed through community-based forestry, policy tools or measures to overcome the

Sample Decision Matrix for Forestry Mitigation Measures (1-5* Scale)

Measures	Objectives (weights)				Score	Marginal Cost, \$M	Cost Effectiveness (cost/incremental unit of benefit), \$M
	Carbon effect (4)	Biodiversity Protection (3)	Water Quality (3)	Wood Production (2)			
Watershed 1: Current Policy	2	2	2	1	22	NA	NA
Watershed 1: Community-based forestry	3	4	4	1	38	2	0,13
Watershed 2: Current Policy	1	1	2	1	15	NA	NA
Watershed 2: Community-based forestry	4	2	3	3	37	1,5	0,07

*The 1-5 scale in this matrix is an arbitrary ranking of how well objectives are met under different scenarios and policies. Five is the highest score and one is the lowest score.

Table 4

Identifying and Assessing Implementation Barriers (critical watershed restoration through community-based forestry)

Barriers	Policy Tools	Responsible Organization	Time, year	Cost	Difficulty
Technical/Personnel					
Scientific Understanding	Research on regeneration	Research Institute	3	\$50,000	X
Data and Information					
Technical Expertise	Extension and education	Forestry, Extension	2	\$200,000	X
Financial/Market					
Project Funding					
Financial Incentives					
Market Infrastructure	Marketing assistance	Forestry, Economic development	5	\$30,000	XX
Trained Workers					
Institutional/Policy					
Local Institutional Framework	Institutional training	NGOs USAID	2	\$50,000	XX
Land Tenure System	Stronger assurance of local rights	Forestry, Ministry, Parliament	3	\$100,000	XXX
Laws and Policies	Training for protection	Forestry, NGOs	2	\$25,000	XX
Enforcement Capacity					

barriers, the agency or organization responsible for the measures, the time and financial resources required, and the degree of difficulty associated with overcoming each barrier. A three-point rating system can be used to indicate the degree of difficulty in overcoming barriers, with one X being easiest and three X's being hardest. The example shows only the results of the analysis for on watershed.

These results could be used to compare barriers in this watershed to those in another. The results could also be used to adjust the rankings of mitigation measures from the decision matrix.

Preparing a Workplan

A critical step in the evaluation is the preparation of a workplan describing in detail the forestry mitigation measures that have been selected and the methods that will be used for the analysis. The workplan should include a discussion of the analytical tools and products to be generated; a schedule of activities in the analysis and the role of key personnel; and a process for presenting results to the full interagency team, key decision-makers, and stakeholders.

Conducting Evaluations

The team members should conduct the evaluations in a way that includes the interagency team, key decision makers, and stakeholders, or allows for a high degree of consultation with them. This not only increases the likelihood of the results of the evaluation being accepted, but also helps ensure that the ranking of mitigation measures across different sectors is consistent.

Choosing Measures to be Included in the Forestry Mitigation Plan

The process of choosing measures for inclusion in the forestry mitigation plan involves combining the results from the evaluation of effectiveness and the analysis of barriers to implementation. There is no easy way to combine the two, although it is clear that the cost of measures to overcome barriers must be factored into quantitative approaches used for evaluating the effectiveness of measures in the decision matrix. The result of the overall evaluation should be a ranking of mitigation measures (or at least a discussion of the measures) based on the policy objectives and criteria developed by the team. Team members should present the results of the evaluations to the interagency team, key decision makers, and stakeholders.

Developing Implementation Strategies for Each Measure

After selecting several measures for the forestry mitigation plan, team members should develop an implementation plan for each measure. The implementation plan should be built on the analysis of barriers to implementation and include the following components:

Identify lead and cooperating agents. It is critical that some organizational body and certain individuals be identified as the lead agents in implementing selected measures. In most cases, this will be the forestry ministry or agency, which has primary authority for most types of measures in

the forestry sector. However, the lead agency for certain forestry mitigation measures might also be other ministries or agencies, such as agriculture, energy, or environment. It is also important to identify cooperating organizations, which often play critical roles at the local level, such as provincial, regional, or municipal governments. Non-governmental and private organizations such as citizens and business groups can be very helpful designing the implementation plan and overcoming barriers.

Describe key steps to implementation and schedule. The lead agent should work with cooperators to identify key steps in the implementation process and to set up a schedule.

Identify human and financial resources. The implementation plan needs to clearly identify which organization or individual is responsible for each step in the process and the human and financial resources necessary.

Outreach activities. The plan should clearly address outreach activities, such as public meetings to solicit support and comment on the measures, educational campaigns, and media events. If the implementation process is a long one, as forestry measures may be, a number of outreach events and activities can be helpful to keep attention focused on the measures.

Monitoring and evaluation. The implementation plan should also include a section on how the results of the measure will be monitored after implementation to determine how well anticipated benefits are actually achieved.

Writing the Forestry Mitigation Plan

The final step is to write up the results of the activities described above in a mitigation plan for the forestry sector. The mitigation plan should be brief, written in an understandable style for the public, and include the following components:

Summary of the national priorities. This section should describe the policy objectives and national priorities that were established through the process and used to identify and select forestry mitigation measures.

Analysis of selected measures. This section should summarize the identification and selection of forestry measures, the methods by which these measures were evaluated, and results from the evaluation of effectiveness and barriers to implementation.

Summary of recommended measures. This section should summarize the recommended measures, describing why they were chosen and how they will help mitigate the potential effects of climate change.

Implementation plan. This section should summarize the implementation plan, identifying the lead agency and cooperators, as well as key steps and activities.

REFERENCES

1. Australia's National Report Under the United Nations Framework on Climate Change. - Canberra: Australian Government Publishing Service, 1994. - 101 p.
2. Management of Forests for Mitigation of Greenhouse Gas Emissions. Climate Change 1995. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses / Edited by R.T. Watson, M.C. Zinyowera, R.H.Moss. - New York: Cambridge University Press, 1996. - P. 775-797.
3. Sathaye J., Meyers S. Greenhouse Gas Mitigation Assessment: A Guidebook. - Dordrecht / Boston / London: Kluwer Academic Publishers, 1995. - 343 p.

American Forests

ҰЛТТЫҚ ІС-ӘРЕКЕТ ЖОСПАРЫНА БИОТҮРЛЕР МЕН ОРМАН ШАРУАШЫЛЫҒЫ БӨЛІМДЕРІН ДАЙЫНДАУ

БИОТҮРЛЕР МЕН ОРМАН ШАРУАШЫЛЫҒЫНДА ПАРНИК ӘСЕРІН ТӨМЕНДЕТУ ШАРАЛАРЫН БАҒАЛАУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Энтони Ди Никола

Биотүрлерді қорғау және климаттың өзгеруіне байланысты орман шаруашылығында ұлттық іс-әрекет жоспарын жасау әдісі баяндалған. Осы салаларда парник әсерін төмендету шараларын бағалау мен зерттеу тәсілін анықтау қарастырылған.

УДК 551.324.6:551.583(574)

**КОЛЕБАНИЯ ГОРНЫХ ЛЕДНИКОВ КАК ИНДИКАТОР
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**Канд. геогр. наук Е.Н. Вилесов
Канд. геогр. наук В.Н. Уваров

В результате осуществления мониторинга крупной ледниковой системы, на основе повторного картографирования с привлечением аэрофотосъемки (АФС) за 1955, 1979 и 1990 "реперные" годы определены изменения основных площадных и линейных характеристик всех ледников северного склона Заилийского Алатау. Отчетливо выявлено общее отступление ледников, сокращение их площадей и объемов.

Одной из самых актуальных задач современной географии является разработка глобальных и региональных прогнозов развития окружающей среды. В этих прогнозах первостепенное значение придается климату и особенностям реакции геосистем на его изменения. Наиболее благоприятные возможности для изучения динамики климатических условий представляет анализ неустойчивых или находящихся в пороговом состоянии геосистем. Среди них выделяются горные нивально-гляциальные системы, в которых особое место принадлежит ледникам, наиболее чутко реагирующим на изменения климата.

Высокогорья Центральной Азии (Тянь-Шань, Памир и другие горные системы) - районы развития достаточно мощного современного оледенения. Оно представлено различными морфологическими типами современных ледников, а также разными формами ископаемых льдов под моренами стадии Фернау и многолетней мерзлоты. Присутствие ледников во многом определяет характер других элементов природного комплекса и экологические условия гляциально-ниваальной зоны. Лед здесь во всех формах своего проявления обуславливает особое энергетическое состояние географической среды, поскольку формирование и существование льда требует специфических климатических условий, или, по Л.С. Бергу, "определенный оптимум температуры, осадков и влажности".

Исследованиями гляциологов установлено, что современное оледенение горных областей является важным природным феноменом, с режимом которого связаны многие гидрометеорологические процессы и явления на сопредельных территориях. Работы М.И. Будыко [2] В.М. Котлякова [9], А.Н. Кренке [10] и других авторов подчеркивают роль ледников в формировании теплового режима отдельных регионов. Комплексное изучение ледников дает богатый материал для суждения о

состоянии и изменчивости природной среды в прошлом и в современную эпоху.

Все более нарастающее потепление климата, обусловленное также и антропогенным воздействием, вызывает соответствующие изменения в горно-ледниковых системах аридных гор Центральной Азии, в том числе на юго-востоке Казахстана. В связи с этим появилась необходимость учета уменьшения площади и объема ледников. Именно запас воды, содержащейся в ледниках, служит важным показателем водных ресурсов горных районов. Рациональное водопользование для нужд гидроэнергетики и ирригации невозможно без исчерпывающей информации об этом компоненте, поскольку ледники в летнее время обеспечивают сток горных рек на 30-50 %. Таким образом, возникла проблема проведения мониторинга современного оледенения, причем как для отдельных "опорных" ледников, так и для крупных ледниковых систем в целом, насчитывающих сотни и даже тысячи отдельных ледников.

Основанием для оценки фонового состояния ледниковой системы Заилийского Алатау служит 40-летний ряд массобалансовых (однородных и методически выдержанных) измерений, выполненных на "опорном" леднике Туюксу за период 1956-1996 гг. [11, 15], и специальных исследований современной эволюции всей ледниковой системы северного склона Заилийского Алатау на базе повторных аэрофотосъемок (АФС) [3, 6]. Первоначальной "точкой отсчета" слежения за состоянием ледниковой системы северного макросклона Заилийского Алатау следует считать 1955 год, когда здесь впервые была проведена аэрофотосъемка. Материалы этой съемки легли в основу составленного Каталога ледников бассейнов левых притоков р. Или [8]. В июле - августе 1979 г. была проведена повторная (после 1955 г.) аэрофотосъемка, целиком покрывшая территорию оледенения хребта. В процессе картометрического анализа представилось возможным выявить изменения оледенения Заилийского Алатау за 24 года - с 1955 по 1979 год, получить количественную информацию о темпах и интенсивности этих изменений. Результаты этого анализа обобщены в работе [4] и доложены на международном симпозиуме "Сезонные и многолетние колебания нивальных и гляциальных процессов в горах" [5].

В августе-сентябре 1990 г. проведена еще одна сплошная АФС ледниковой зоны Заилийского Алатау. Таким образом, в нашем распоряжении оказались данные для еще одного "реперного" года - 1990-го, что позволило выявить изменения основных характеристик ледников за 1979-1990 гг. и получить информацию для суждения о направленности процессов массообмена и современной эволюции оледенения Заилийского Алатау в течение 35 лет (1955-1990 гг.).

Несмотря на то, что за этот период растаяли 56 ледников, их общее число увеличилось на 23, что связано с распадом крупных ледников (табл. 1). По макросклону в целом общее число ледников в 1990 г. достигло 330, что составило 107 % их численности в 1955 г. и 125 % - в

1979 г. Это способствовало увеличению дробности оледенения, косвенным показателем которой служит средняя площадь одного ледника. Этот показатель по "реперным" годам изменялся следующим образом: с 0,94 км² в 1955 г. и 0,86 км² в 1979 г. до 0,62 км² в 1990 г. Таким образом, средние размеры одного ледника за 35 лет уменьшились на 0,32 км² или на 34 %.

Таблица 1

Изменение числа ледников по бассейнам рек северного склона Заилийского Алатау

Бассейн реки	Число ледников			Изменение числа ледников		
	1955 г.	1979 г.	1990 г.	1955-1979 гг.	1979-1990 гг.	1955-1990 гг.
Узункаргалы	16	15	19	-1	+4	+3
Чемолган	10	9	10	-1	+1	0
Каскелен	20	18	22	-2	+4	+2
Акса́й	18	16	19	-2	+3	+1
Каргалинка	7	7	10	0	+3	+3
Большая Алматинка	49	45	55	-4	+10	+6
Малая Алматинка	12	12	19	0	+7	+7
Талгар	92	77	98	-15	+21	+6
Есик	49	37	39	-12	+2	-10
Тургень	34	31	39	-3	+8	+5
Итого	307	267	330	-40	+63	+23

Следует полагать, что в ближайшие годы и десятилетия процессы, связанные с деградацией оледенения (вытаивание, распад, отчленение притоков), будут интенсивно продолжаться. Общее число ледников, несмотря на стаивание многих из них, будет увеличиваться за счет распада, а средняя площадь - уменьшаться, что весьма отрицательно скажется на режиме оледенения региона.

Сопоставление данных Каталога ледников (1955) и материалов АФС залетов 1979 г. и 1990 г. показало существенное сокращение площади оледенения региона (табл. 2). Как показывают данные (см. табл. 2), наиболее подвержены сокращению ледники бассейнов рек Чемолган и Каргалинка, обладающие минимальными площадями оледенения. Менее значительны потери площади льда у ледников бассейнов Каскелен и Аксай, часто залегающих в глубоких и затененных частях долин. Меньше всего, лишь около 20 %, потеряно площади у высоко-расположенных ледников в бассейне р. Средний Талгар, где абсолютные высоты приближаются к 5 тыс. метров.

Таблица 2

Изменение площади оледенения на северном склоне
Заилийского Алатау за 1955-1990 гг.

Бассейн реки	Площадь оледенения, км ²			Сокращение площади оледенения			
	1955 г.	1979 г.	1990 г.	км ²			в % к 1955 г.
				1955- 1979 гг.	1979- 1990 гг.	1955- 1990 гг.	
Узункаргалы	12,90	10,31	9,17	2,59	1,14	3,73	28,9
Чемолган	2,60	2,24	1,54	0,36	0,70	1,06	40,8
Каскелен	13,50	12,86	10,67	0,64	2,19	2,83	21,0
Аксай	13,50	12,49	10,66	1,01	1,84	2,84	21,0
Каргалинка	3,90	2,89	2,44	1,01	0,45	1,46	37,4
Большая Алматинка	33,90	25,25	21,94	8,65	3,31	11,96	35,2
Малая Алматинка	9,30	8,12	6,35	1,18	1,77	2,95	31,7
Талгар	112,50	89,24	79,70	23,26	9,54	32,80	29,2
Есик	49,50	36,77	34,76	12,73	2,01	14,74	29,8
Тургень	35,70	28,88	26,34	6,82	2,54	9,36	26,2
Итого	287,30	229,05	205,57	58,25	25,48	83,73	29,1

Средняя скорость сокращения площади ледников за весь 35-летний период составила почти 2,4 км²/год, и площадь оледенения за это время сократилась на 29,1 %, т.е. по 0,8 %/год. Отметим, что средняя скорость сокращения площади ледников в Гиссаро-Алае в 1957-1980 гг. составила также 0,8 % в год [14].

Более всего испытали сокращение площади ледников размерами $\geq 2-3$ км². Впрочем, довольно интенсивно теряли свою площадь и более мелкие ледники, большинство из которых совсем растаяло. Среди крупных ледников есть и такие, площадь которых оставалась стабильной или сократилась незначительно. Это в основном те ледники (их очень мало), концы которых лежат довольно высоко или они погребены под моренным чехлом. Сокращение площади зависит и от динамической активности: наиболее активные ледники (с большей энергией оледенения) успевают пополнять свои языки льдом из областей питания и тем самым удерживаться от потери площади. Практически ни у одного ледника не произошло увеличение площади (если не считать 2-3 случая, связанные с более точным подсчетом этих площадей).

Такие же особенности и темпы деградации ледников характерны для других регионов Северного Тянь-Шаня. Так, по данным В.Б. Айзина [1], в бассейне р. Ала-Арча на северном склоне Киргизского хребта за 26 лет (1955-1981 гг.) растаяли 9 ледников (из 33-х) с площадью 0,1-0,3 км², а площадь оледенения сократилась с 45,9 до 35,8 км², т.е. на 10,1 км² или на 22 %. Из общей площади сокращения

оледенения на северном склоне Заилийского Алатау, равной к 1990 г. 83,76 км², 45,22 км² (или 54 %) приходится на ледники долин, 37,47 км² (или 45 %) - на ледники склонов (шлейфовые, каровые, висячие) и 1,07 км² (или 1 %) - на ледники плоских вершин, занимающие древние денудационные поверхности, поднятые на высокий гипсометрический уровень - около 4000 м.

Наконец, отметим, что сокращение площади ледников происходит не только вблизи нижнего края отступающих языков и по бортам ледника, но часто не менее интенсивному уменьшению площади, занятой льдом, подвержены и высокие участки, от 4000 до 4500 м, где толщина льда минимальная (так называемая "облицовка"). Более того, у некоторых ледников сократились только фирновые участки при неизменной площади языка. Таким образом, наблюдается не только фронтальная, но и ареальная деградация ледников по всему их контуру, способствующая уменьшению их длины и площади как снизу, так и сверху. И все же наибольшее сокращение площади оледенения приходится на языковые части ледников, а наименьшее - на области питания. Так, только за период 1979-1990 гг. площадь оледенения по склону в целом в высотной зоне 3300-3400 м сократилась на 76 %, в зоне 3400-3500 м - на 50 %, в зоне 3500-3600 м - на 36 %, в зоне 3600-3700 м - на 20 %, в зоне 3700-3800 м - на 10 %, в интервале высот 3800-3900 м - на 6 %, на высотах 4200-4400 м - на 2 %. Общая деградация оледенения четко проявилась не только в сокращении площади, но и в уменьшении длины ледников. Однако при изучении колебаний ледников и проведении их мониторинга важно знать длину пути и скорость отступления их концов. Поэтому при картографической обработке контуров ледников 1990 г. определялся именно этот показатель (табл. 3).

Разумеется, названный показатель - для каждого ледника характеристика сугубо индивидуальная, зависящая от множества факторов и условий. Об этом свидетельствует и большой диапазон ее значений. Ряд ледников за 1979-1990 гг. отступил на 400-500 м, т.е. со скоростью 45 м/год; а ледник № 139 - Тогузак правый в бассейне р. Левый Талгар (правда, по узкой полосе льда, зажатой между моренами) отступил на 1600 м, т.е. почти по 100 м/год.

Были на северном склоне хребта и наступающие ледники. К таким ледникам с явными признаками наступления относятся 2 ледника, залегающие в верховьях реки Большая Алматинка, № 65 и № 79. Первый из них за 11 лет продвинулся на 30 м (в среднем по 2,7 м/год), а второй - на 100 м (по 9 м/год). Феномен этих ледников объясняется просто: оба они относятся к так называемым забронированным ледникам - каменным глетчерам, медленно сползающим вниз под действием силы тяжести и под защитой мощного моренного чехла.

Таблица 3

Параметры отступления концов ледников на северном склоне
Зайлийского Алатау за 1955-1990 гг.

Бассейн реки	Длина пути, м			Средняя скорость, м/год
	1955- 1979 гг.	1979- 1990 гг.	1955- 1990 гг.	
Узункаргалы	104	85	189	5,4
Чемолган	50	107	157	4,5
Каскелен	93	209	302	8,6
Аксай	50	142	192	5,5
Каргалинка	228	84	312	8,9
Большая Алматинка	212	106	318	9,1
Малая Алматинка	92	224	316	9,0
Талгар	165	168	333	9,5
Есик	230	113	343	9,8
Тургень	151	125	276	7,9
Средневзвешенная по северному склону	160	139	299	8,5

Весьма примечательно, что длина пути отступления концов языков примерно одинакова для всех морфологических типов ледников - долинных, склоновых и плоских вершин. Суммарное за 35 лет изменение (уменьшение) длины ледников, составившее 480 м, почти на 2/3 (300 м) обусловлено отступлением их концов. Средняя скорость отступления ледников равна 6,7 м/год в 1955-1979 гг., 12,6 м/год в 1979-1990 гг. и 8,5 м/год за все 35 лет. Таким образом, средняя скорость отступления ледников в последний период была в 2 раза выше, чем в 1955-1979 гг.

В результате дешифрирования АФС залета 1990 г. выявляется еще один не менее примечательный факт, удостоверяющий вполне определенную тенденцию в динамике территории, занятой гляциально-нивальными образованиями на стадии их деградации. Именно деградация современного оледенения играет определяющую роль в возникновении на поверхности свежеобразовавшихся конечных морен, на зандровых площадках вблизи языков ледников многочисленных приледниковых озер. Если в середине 1960-х гг. на северном склоне Зайлийского Алатау насчитывалось лишь 10 приледниковых озер объемом более 10 тыс. м³, а в 1980 г., согласно [13], их стало уже 41, то в 1990 г., по нашим подсчетам, их число достигло 60, без учета эфемерных озер, периодически возникающих на поверхности ледников и в пригляциальной зоне. Таким образом, за 25 лет число крупных приледниковых озер увеличилось в 6 раз. Прорывы этих озер могут привести к возникновению гляциальных селей, в том числе катастрофических, как это было в 1973 г. в долине р. Малой Алматинки, в 1977 г. - на Большой Алматинке или в 1979 г. - в Среднем Талгаре.

Вообще интенсификация селевой деятельности тесно связана с

деградацией оледенения, поскольку в результате отступления и, в особенности, исчезновения ледников увеличивается площадь распространения незакрепленного рыхлообломочного материала, остаются обширные скопления моренных отложений и массивы мертвых льдов, служащих потенциальными очагами формирования гляциальных селей. В связи с тем, что темпы деградации оледенения не уменьшаются, не следует ожидать и снижения гляциальной селевой опасности.

Сокращение площади и длины ледников, естественно, привело к уменьшению их толщины и объема содержащегося в них льда. Расчеты объемов льда произведены по формуле Мазо-Глазырина [12], учитывающей характерные особенности морфометрии ледников (табл. 4).

Таблица 4

Изменение объема ледников на северном склоне
Заилийского Алатау за 1955-1990 гг.

Бассейн реки	Объем ледников, км ³			Уменьшение объема ледников км ³			в % к 1955 г.
	1955 г.	1979 г.	1990 г.	1955-1990 гг.			
				1955- 1979 гг.	1979- 1990 гг.	1955- 1990 гг.	
Узункаргалы	0,42	0,31	0,28	0,11	0,03	0,14	33,3
Чемолган	0,05	0,05	0,03	0,00	0,02	0,02	40,0
Каскелен	0,58	0,56	0,50	0,02	0,06	0,08	13,8
Аксай	0,49	0,46	0,40	0,03	0,06	0,09	18,4
Каргалинка	0,16	0,10	0,09	0,06	0,01	0,07	43,8
Большая Алматинка	1,16	0,78	0,68	0,38	0,10	0,48	41,4
Малая Алматинка	0,34	0,28	0,22	0,06	0,06	0,12	34,3
Талгар	4,70	3,58	3,11	1,12	0,47	1,59	33,8
Есик	2,07	1,45	1,35	0,61	0,10	0,72	34,8
Тургень	1,57	1,27	1,14	0,30	0,13	0,43	27,4
Итого	11,54	8,84	7,80	2,70	1,04	3,74	32,3

Как показывают данные (см. табл. 4), за 35-летний период уменьшение объема ледников по отдельным бассейнам колеблется в довольно широких пределах - от 13,8 до 43,8 %, составляя в целом по ледниковой системе 32,4 %, или 1/3 первоначальных запасов льда в 1955 г. Уменьшение объема ледников происходило в соответствии с сокращением их площади (см. табл. 2). Минимальное уменьшение объема, отмеченное у ледников бассейнов рек Каскелен и Аксай, согласуется с наименьшей площадью сокращения льда в этих бассейнах. Наоборот, максимальное относительное уменьшение объема льда, более 40 %, в бассейнах рек Чемолган, Каргалинка и Большая Алматинка соответствует самым большим потерям площади льда в них. Максимальные абсолютные потери объема льда, более 1,5 км³, отмечены у

ледников бассейна реки Талгар. Средняя скорость уменьшения объема льда за весь 35-летний период составила около $0,1 \text{ км}^3/\text{год}$, что соответствует скорости сокращения объема по $0,9 \%$ в год.

Изменение режима современного оледенения в основном определяется климатическими условиями гляциально-нивальной зоны. Вместе с тем, горные ледники являются не только продуктом климата, но и чутким индикатором изменений метеорологической обстановки в связи с направленным изменением климата в последние десятилетия. Об этом свидетельствуют наблюдающиеся изменения как климата, так и состояния ледниковых систем на локальном и региональном уровнях.

Как показывает рис. 1, в ходе межгодовой изменчивости за 1957-1990 гг. непрерывных массобалансовых измерений на леднике Туюксу выделяются два периода. Первый период (1957-1972 гг.) характеризовался колебаниями величин баланса массы около нуля, но с преобладанием небольших отрицательных значений. Второй период, начавшийся в 1972 году и продолжающийся в настоящее время, отличался на начальном этапе прогрессирующей деградацией ледника. Она сохраняется до настоящего времени при величинах отрицательного баланса в среднем минус $50-60 \text{ г/см}^2$.

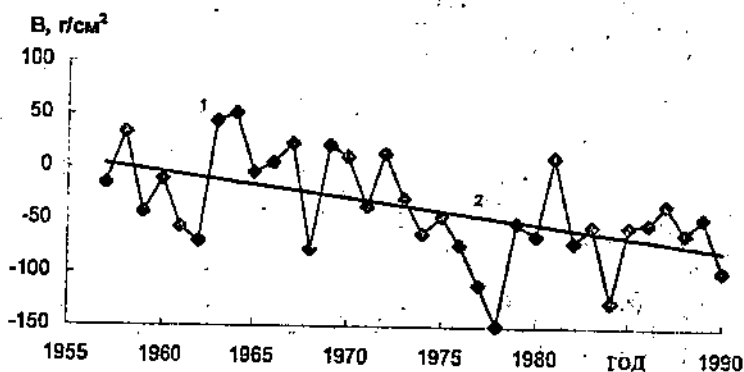


Рис. 1. Баланс массы ледника Туюксу (1) и его линейный тренд (2)

Во временном ходе баланса массы других ледников Тянь-Шаня начало периода с резко отрицательными его значениями также приходится на 1972/73 балансовый год [1, 7]. Именно с этого года в высокогорье Заилийского Алатау наблюдается резкое повышение средней летней температуры воздуха (рис.2). Как видно (см. рис. 1 и 2), существует ярко выраженный тренд в изменении как температуры воздуха, так и баланса массы ледника Туюксу. Таким образом, можно совершенно определенно утверждать, что современные межгодовые колебания режима ледников вполне сопоставимы с такими колебаниями, которые считаются достаточными для установления направленной эволюции

оледенения в случае направленного изменения климата, прежде всего - температуры воздуха (с определенным установившимся трендом). В размахе современных колебаний баланса массы кроются оценки значительной потенциальной изменчивости горных ледников региона в связи с переменой климатических условий.

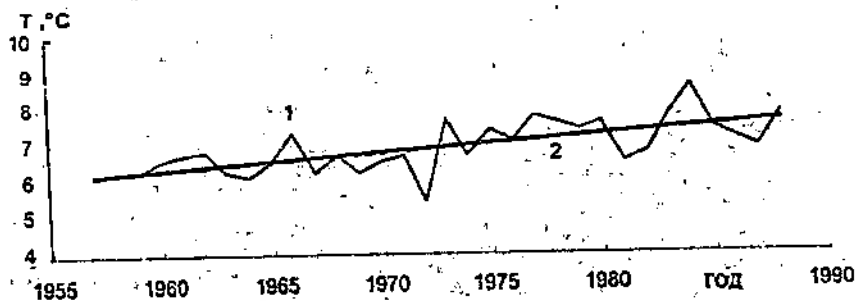


Рис. 2. Средняя летняя температура воздуха по данным М Мынжилки (1) и ее линейный тренд (2)

В результате осуществления мониторинга крупной ледниковой системы установлено, что эволюция ледников на современном этапе практически не зависит от морфологического типа и размеров ледников, а их колебания (кроме забронированных) происходят по типу вынужденных, которые обусловлены направленным изменением климатических условий региона, да и всей планеты, в сторону потепления.

В условиях нарастающего антропогенного воздействия на окружающую среду и аридизации климата высокогорья юго-востока Казахстана процесс дегляциации, разрушения оледенения будет, очевидно, продолжаться и усиливаться, что необходимо учитывать при долгосрочном планировании хозяйственного использования водных ресурсов горных и предгорных регионов Казахстана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзин В.Б. Современное оледенение бассейна Ала-Арча // Тр. САНИИ Госкомгидромета. - 1984. - Вып. 105(186). - С. 111-115.
2. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. - 351 с.
3. Вилесов Е.Н. Мониторинг современных ледников Заилийского Алатау и прогноз их состояния в XXI веке // Вестн. НАН РК, 1996. - № 2. - С. 24-27.

4. Вилесов Е.Н., Макаревич К.Г., Поляков В.Г. Пространственно-временная изменчивость ледниковой системы Зайлийского Алатау // *Материалы гляциологических исследований*. - 1993. - Вып. 76. - С. 90-95.
5. Вилесов Е.Н., Макаревич К.Г., Поляков В.Г. Пространственно-временная изменчивость ледниковой системы в Зайлийском Алатау // *Материалы Международного симпозиума "Сезонные и многолетние колебания нивальных и гляциальных процессов в горах"*. - Ташкент, 1993. - С. 32.
6. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н., Хонин Р.В. Методические основы и программа аэрофототопографического мониторинга оледенения Казахстана // *Вестн. КазГУ. Серия геогр.*, 1995. - С. 169-177.
7. Диких А.Н. Режим современного оледенения Центрального Тянь-Шаня. - Фрунзе: Илим, 1982. - 159 с.
8. 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. Тургенъ. - Л.: Гидрометеиздат, 1967. - 78 с.
9. Котляков В.М. Снежный покров Земли и ледники. - Л.: Гидрометеиздат, 1968. - 479 с.
10. Кренке А.Н. Массообмен в ледниковых системах на территории СССР. - Л.: Гидрометеиздат, 1982. - 288 с.
11. Ледники Тулюксу (Северный Тянь-Шань) / К.Г. Макаревич, Е.Н. Вилесов, Р.Г. Головкова и др. - Л.: Гидрометеиздат, 1984, - 171 с.
12. Мазо А.Б., Глазырин Г.Е. Метод расчета объема стационарного горного ледника // *Тр. САНИИ Госкомгидромета*. - 1986. - Вып. 117 (198). - С. 88-98.
13. Попов Н.В. Исследование озер гляциальной зоны юго-востока Казахстана с целью оценки возможности их прорывов и мониторинга селеопасности // *Автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. геогр. наук*. - М.: 1986. - 26 с.
14. Шетинников А.С. Изменение размеров оледенения Памиро-Алая за 1957-1980 годы // *Материалы гляциологических исследований*. - 1993. - Вып. 76. - С. 77-83.
15. Dyurgerov M.B., Uvarov V.N., Kostyashkina T.E. Mass balance and runoff of Tuyuksu Glacier and the north slope of the Zailiyskiy Alatau Range, Tien Shan // *Zeitschrift fur Gletscherkunde und Glazialgeologie*. - Innsbruck, Austria, 1996. - P. 41-54.

Казахский Государственный Национальный
Университет им. аль-Фараби

ТАУ МҰЗДЫҚТАРЫНЫҢ ӨЗГЕРУІ КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУ ІНДИКАТОРЫ СИЯҚТЫ

Геогр. ғ. канд. Е.Н. Вилесов

Геогр. ғ. канд. В.Н. Уваров

Ірі мұздық системасы мониторингiсiн жүргiзу және 1955, 1979 және 1990 реперлi жылдардағы аэро-фото суреттер /АФС/ негiзiнде қайталап картографиялау барысында Іле Алатауының солтүстiк беткейiндегi барлық мұздықтардың маңызды аумақтық және түзулiк мөлшерлерiнiң өзгеруi анықталды. Мұздықтардың шегiнгенi, олардың аумағының және көлемiнiң кiшiрейгенi анық бiлiндi.

УДК 551.324.6:551.583 (235.221)

**РОЛЬ МОНИТОРИНГА ГОРНЫХ ЛЕДНИКОВЫХ СИСТЕМ В
ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО И ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО
ПОТЕНЦИАЛА КАЗАХСТАНА**

Доктор геогр. наук П.А. Черкасов

По новой методике определения объема ледников, с учетом их морфологии, установлено, что в Джунгарском Алатау находится около 42 км³ льда. Приводятся основные положения теории и методики расчета составляющих и баланса внешнего массообмена ледников с учетом их физической поверхности. Дается описание их пространственной изменчивости и устойчивости существования в пределах Джунгарской ледниковой системы в зависимости от строения рельефа гор и особенностей циркуляции атмосферы. В среднем основная масса ледников в этой горной стране исчезнет через 100 лет при условии сохранения тенденций изменения климата.

Экология предгорных, наиболее освоенных, территорий Восточного и Юго-Восточного Казахстана, расположенных в условиях аридного климата, находится в полной зависимости от наличия пресной воды. Одним из источников такой воды являются ледники, залегающие в горных системах Алтая, Джунгарского Алатау и Тянь-Шаня. В условиях крупных экологических нарушений природных процессов (Аральское море, оз. Балхаш) катастрофически нарастает дефицит пресной воды. Он обостряется ещё и потому, что с 20-х годов нашего века наблюдается систематическое уменьшение площади и объема горных ледников, что связано с долго-периодными 256- и 79-летними ритмами изменения климата, а также наложившейся на них антропогенной деятельностью, которая ведёт к общепланетарному повышению температуры воздуха из-за увеличения концентрации парниковых газов. Их эмиссия неуклонно усиливается по мере роста промышленности, транспорта и энергетики.

Учитывая эти обстоятельства, гляциологи Института географии Министерства-Академии наук РК в течение 40 лет ведут обширные натурные наблюдения за режимом экспериментальных горных ледников. Наиболее изученными из них являются ледники Тулюксу в Заилийском Алатау и Шумского - в Джунгарском Алатау. Данные ежегодных наблюдений, полученные на них, передаются в

Мировую службу мониторинга ледников (Швейцария, Цюрих) для публикации и оценки состояния оледенения всей планеты.

На материалах этих исследований разрабатывается мониторинг ледниковых систем в горах Казахстана путём определения прямых и обратных связей комплекса характеристик энергомассообмена ледников как в пространстве, так и во времени. На основе данных определения толщины более 100 ледников Джунгарского Алатау методами сейсмического, наземного и воздушного радиолокационного зондирования создан более точный метод расчета запасов льда в горных ледниковых системах Казахстана с учётом морфологических типов ледников [1, 2, 3]. Впервые численно доказано, что фигура поперечного сечения ложа горных ледников Казахстана близка к полуэллипсу. Предложена новая формула определения объёма горных ледников (q)

$$q = \pi / 4 \sum_{i=1}^n S_i h_i ,$$

где S_i - площади отдельных частей ледника, ограниченных горизонталями с заданным сечением рельефа (высотных зон); h_i - толщина ледника на профиле зондирования в пределах выше названных высотных зон.

Связь объёмов ледников q с их площадью S аппроксимирована степенными функциями вида

$$q = a S^b ,$$

где a и b - числовые коэффициенты.

Все обследованные ледники делятся на три группы морфологических типов по величине объёма льда на единицу их площади. Ледники основных долин, объёмы и площади которых связаны следующей зависимостью:

$$q = 29,76 S^{1,379} .$$

Для ледников висячих долин и каров объём льда находится по формуле

$$q = 49,369 S^{1,202} ,$$

где S измерена в км^2 , а q в км^3 .

Объём льда ледников висячего типа на склонах определялся, согласно [6, 7], по формуле

$$q = 0.393 \cdot 10^{-8} S^{1,124} ,$$

где S в м^2 , а q в км^3 .

По разработанной методике подсчитан объем льда в каждом речном бассейне и суммарно для всей Джунгарской ледниковой системы. В целом он примерно равен 42 км^3 , а масса льда, таким образом, равна $37,8 \cdot 10^9 \text{ т} \pm 2,04 \cdot 10^9$. Это составляет больше половины всего объема оледенения территории Казахстана.

В основу разработки теории, методов изучения и моделирования процессов внешнего массообмена ледников положены факты, альтернативы которым нет. Назовём основные из них. В горах ледники лежат на склонах разной ориентации и крутизны в виде разрозненных масс льда различного размера. Основную роль в энергетическом балансе ледников играет солнечная радиация, роль тепла воздуха является вторичной. Сочетание различных факторов создаёт резкую контрастность микроклиматических условий существования ледников, что отражается на их типах, размерах и формах (рис. 1).

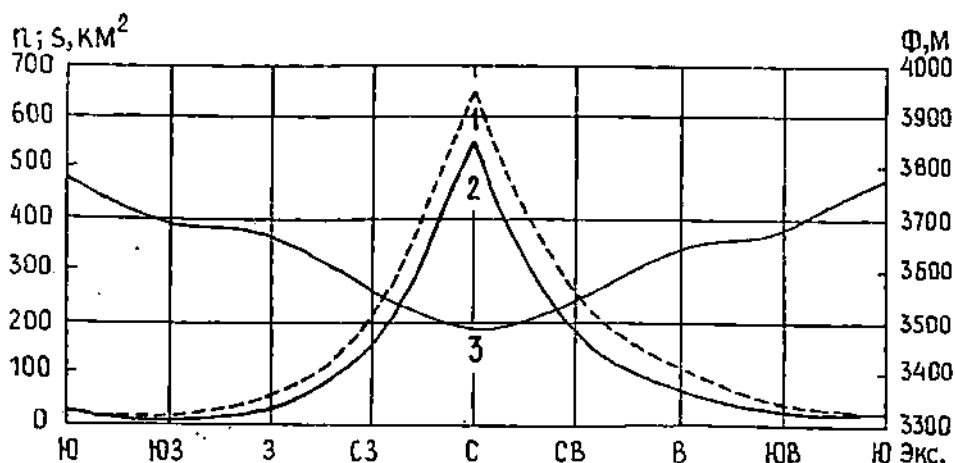


Рис. 1. Распределение количества n (1), площади S (2) и абсолютной высоты фирновой линии Φ (3) в зависимости от экспозиции (Экс.) ледников Джунгарского Алатау

С учётом названных факторов нами разработаны и внедрены в практику научных исследований методы расчёта аккумуляции осадков и абляции снега и льда на физической поверхности ледников. Их основой стали разработки методов расчёта: температуры воздуха на любом леднике горной страны; температурного коэффициента таяния снега и льда на физической поверхности ледников; склоновых коэффициентов инсоляции для различных групп типов ледников, с учётом условий их закрытости, экспозиции и времени года.

Расчёт температурного коэффициента таяния снега и льда $T_{КС(л)}$ за каждый день абляционного периода d на физической поверхности ледников произведен с учётом восьми переменных: географической широты места φ , типа ледника N , абсолютной высоты любой точки на леднике Z , её ориентации α , угла наклона β , альбедо A_K , общей облачности θ и склонового коэффициента инсоляции C_K . Он выполнен для 4-х характерных участков ледника: 1 - снег на тыловой стене цирка ледника выше её подножья Z_p , $A_K = 80-90\%$; 2 - снег выше снеговой линии, но ниже $Z_{п}$, $A_K = 50-70\%$; 3 - лёд с летним снегом ниже снеговой линии, $A_K = 30-40\%$; 4 - лёд ниже снеговой линии, $A_K = 15-20\%$.

В общем виде формула имеет вид

$$T_{КС(л)d(\varphi, N, Z, \alpha, \beta, A_K, \theta)} = \{ [T_{КС(л)}(A_K, \theta)_{1-4}] + 0,01e^{1,56Z} \} \times \\ \times \frac{C_{kd(\varphi, N, \alpha, \beta)ЭП}}{C_{kd(\varphi, N, \alpha, \beta)ЭКСП}}$$

Здесь $T_{КС(л)}(A_K, \theta)_{1-4}$ - температурный коэффициент таяния снега или льда на экспериментальной (эксп) площадке у конца языка ледника в зависимости от одного из 4-х вышеназванных условий альбедо её поверхности A_K и хода общей облачности θ ; $C_{kd(\varphi, N, \alpha, \beta)ЭКСП}$ - склоновый коэффициент инсоляции для условий экспериментальной площадки ледника за данный день года; $C_{kd(\varphi, N, \alpha, \beta)ЭП}$ - склоновый коэффициент инсоляции для условий элементарной площадки (эп) на леднике за этот же день года. Подробнее методика приведена в работе [4]. На основе этих исследований разработаны модели расчёта и алгоритмы, образующие систему численного моделирования. Они позволяют за любой балансовый год воспроизводить полную картину формирования всех составляющих водно-ледового баланса на физической поверхности каждого ледника в пределах бассейнов рек какой-либо ледниковой системы. К ним относится годовой снегозапас на снеговой линии $C_{Тсл}$, а для площади всего ледника определяют максимальный снегозапас (или зимний баланс) $C_w = b_w$, летние осадки C_S , годовой снегозапас C_T , возможную летнюю абляцию A_S , внутреннее питание F , воду от таяния, поступившую в сток $A_S - F$, летний баланс b_S , чистую аккумуляцию $b_{лФ}$, чистую абляцию $b_{пл}$ и баланс ледника b_n . Кроме того, рассчитывают ледниковую составляющую в стоке всех рек системы; скорость оборота массы льда в бассейнах рек ледниковой системы; скорость изменения (в настоящее время преимущественно уменьшения) массы льда каждого ледника и в целом для бассейнов рек горной страны.

Разработаны методы прогноза составляющих внешнего массообмена на ближайший балансовый год и более продолжительный период. Эта система численного моделирования пока не имеет аналогов.

Краткую оценку мониторинга ледников дадим на примере ледника Шумского, а их пространственного режима - на примере ледниковой системы Джунгарского Алатау. Ледники представляют собой продукт климата, поэтому их характерной особенностью является нестационарность, выражающаяся в изменении формы и размеров. Из общей суммы осадков, выпадающих на ледники за балансовый год, в среднем 59 % приходится на зиму, которая там продолжается 9 месяцев. За 3 месяца лета (период абляции) выпадает 41 % осадков, т.е. в 1,4 раза меньше, но их интенсивность в 1,85 раза выше, чем осадков зимнего периода. Количество осадков зимнего периода от года к году меняется мало ($\pm 0,14$ м нормы), а летнего периода (часто выпадающих в виде снега) - в широком диапазоне ($\pm 0,47$ м нормы). Чем больше летних осадков, тем меньше тает лёд, и наоборот. В связи с этим, характер летних осадков, как правило, оказывается определяющим фактором режима баланса массы ледников.

Результаты расчёта фазового состава летних осадков в ледниковой зоне Джунгарского Алатау за 1966/67 - 1990/91 гг. наблюдений [5] указывают на присутствие тренда увеличения смешанных осадков, а с повышением температуры воздуха будет расти и доля жидкой фазы. За 25 лет наблюдений удельная скорость аккумуляции составляла в среднем 1,03 м/год, а скорость абляции, поступившей в сток, равнялась минус 1,14 м/год, отсюда сальдо поверхностного баланса массы было отрицательным, минус 0,11 м/год. В зависимости от интенсивности летних снегопадов находилась и высота снеговой линии.

За период наблюдений выделены близкие к 5- и 11-летним ритмы режима ледника Шумского, последние приходятся на 1971/72, 1980/81 и 1988/89 балансовые годы, но в то же время чётко прослеживается, с одной стороны, тренд систематического уменьшения летних осадков, а с другой - тренды увеличения интенсивности абляции снега и льда, доли ледникового стока, высоты снеговой линии и отрицательного сальдо баланса. За этот период ледник сократился в длину на 238 м и потерял площадь 0,0641 км², равную 2,23 % площади ледника в 1966 г. Причём ледник Шумского является одним из наиболее "жизнеспособных" в Джунгарском Алатау (рис. 2).

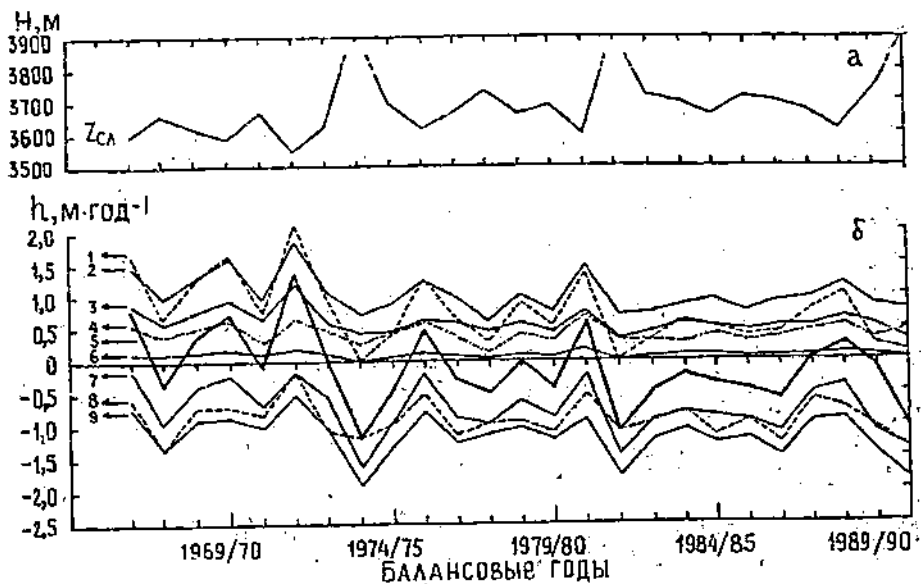


Рис. 2. Характеристики режима ледника Шумского за 1966/67 - 1990/91 балансовые годы: а - высота снеговой линии $Z_{сл}$; б - составляющие внешнего массообмена для определения баланса ледника, где 1 - чистая аккумуляция $b_{нГ}$; 2 - годовая аккумуляция C_T ; 3 - максимальный снегозапас (чистый баланс) b_w ; 4 - летняя аккумуляция C_S ; 5 - чистый годовой баланс b_n ; 6 - внутреннее питание F ; 7 - летний баланс b_S ; 8 - чистая абляция; 9 - годовая абляция A_T .

Для примера оценки пространственной изменчивости состояния оледенения Джунгарской ледниковой системы был выбран 1976/77 балансовый год, средний по режиму за весь период наблюдений (рис. 3). Изменчивость условий существования ледников Джунгарского Алатау на территории Казахстана показана на трех макросклонах: южном, западном и северном. В связи с различиями поступления на эти склоны солнечной радиации и выпадения осадков под влиянием специфических особенностей циркуляции атмосферы (на западной стороне гор за год выпадает 1,5 м осадков, а на восточной - всего 0,7 м) на них формируется своеобразный режим внешнего массообмена ледников. Наиболее активно процессы внешнего массообмена ледников совершаются в бассейнах рек западного склона горной системы (бассейн р. Каратал): здесь больше всего выпадает осадков (1,181 м), больше всего они вместе со льдом тают (1,665 м) и у них формируется самый неблагоприятный баланс (минус 0,483 м) по сравнению с другими макросклонами горной страны.

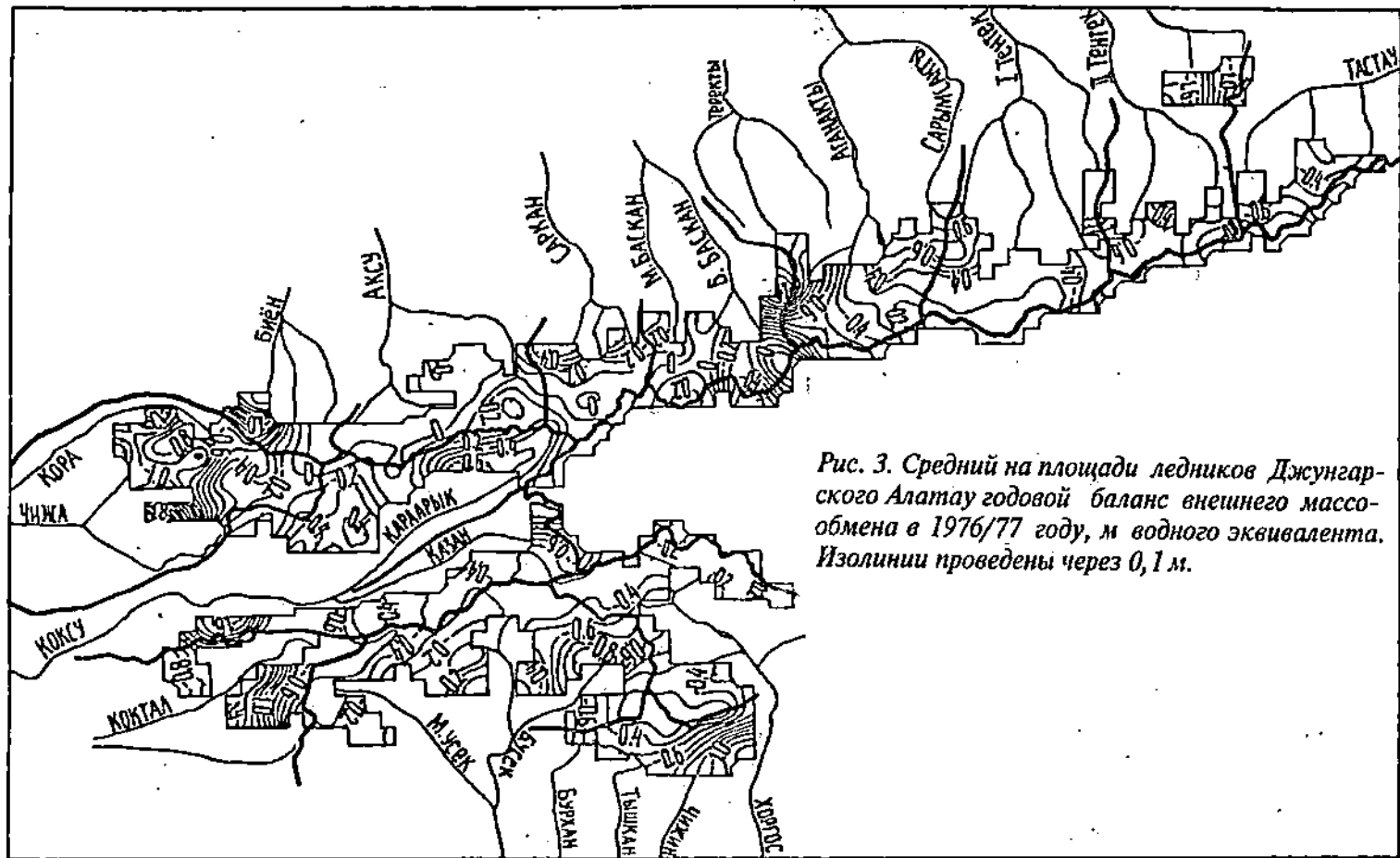


Рис. 3. Средний на площади ледников Джунгарского Алатау годовой баланс внешнего массообмена в 1976/77 году, в водного эквивалента. Изолинии проведены через 0, 1 м.

В бассейнах рек северной ориентации стока (Биён - Ыргайты) ледники получают за балансый год меньше осадков (0,930 м), чем в бассейнах рек южного склона гор (Хоргос - Усек) 1,002 м, но они меньше тают (соответственно, 1,092 м и 1,433 м) и в 2,3 раза больше получают внутреннего питания (соответственно, 0,106 м и 0,046 м). Отсюда и баланс ледников на северном склоне гор более благоприятен для их существования (минус 0,375 м), чем на южном (минус 0,430 м).

Абсолютная высота снеговой линии растёт с севера на юг (в среднем от 3490 до 3780 м) и с запада на восток (от 3200 до 3700 м). Во всех случаях она увеличивается по направлению от периферии внутрь гор. Тем не менее, лучшими условиями баланса массы обладают ледники, расположенные внутри гор, чем на периферии. Они получают меньше осадков, но и меньше тают за счёт большой высоты залегания и большого альбедо поверхности, т.е. они больше получают внутреннего питания. Самый большой модуль стока с ледников наблюдается в бассейнах рек западного склона гор (0,00215 км³/км²). Реки южного склона дают ледникового стока больше (0,00177 км³/км²), чем северного склона (0,00161 км³/км²). Минимальная его величина формируется в районе максимального поднятия гор на территории бассейна реки Баскан (там, где находится ледник Шумского) и составляет всего 0,00144 км³/км². Со всей ледниковой системы Джунгарского Алатау в этот балансый год в 17 рек поступило 1,4 км³ воды. На нижнем уровне зоны формирования стока доля ледниковых вод составила 38,1 %.

Оценка устойчивости существования ледниковой системы даётся путём определения изменения массы льда ледников (преимущественно потери) за балансый год (G) и времени их полного уничтожения K_Г

$$G = q_{1970} / b_{\text{ср}} ,$$

$$K_{\text{Г}} = 1970 + G ,$$

где G - время исчезновения ледников, в годах; K_Г - номер календарного года исчезновения ледников; q₁₉₇₀ - масса льда на 1970 г. - год, в который составлены топографические карты, а по ним определены площади и объёмы ледников; b_{ср} - баланс внешнего массообмена 985 ледников Джунгарского Алатау в 1976/77 году, средний по режиму за 1966 - 1991 годы (рис. 4).

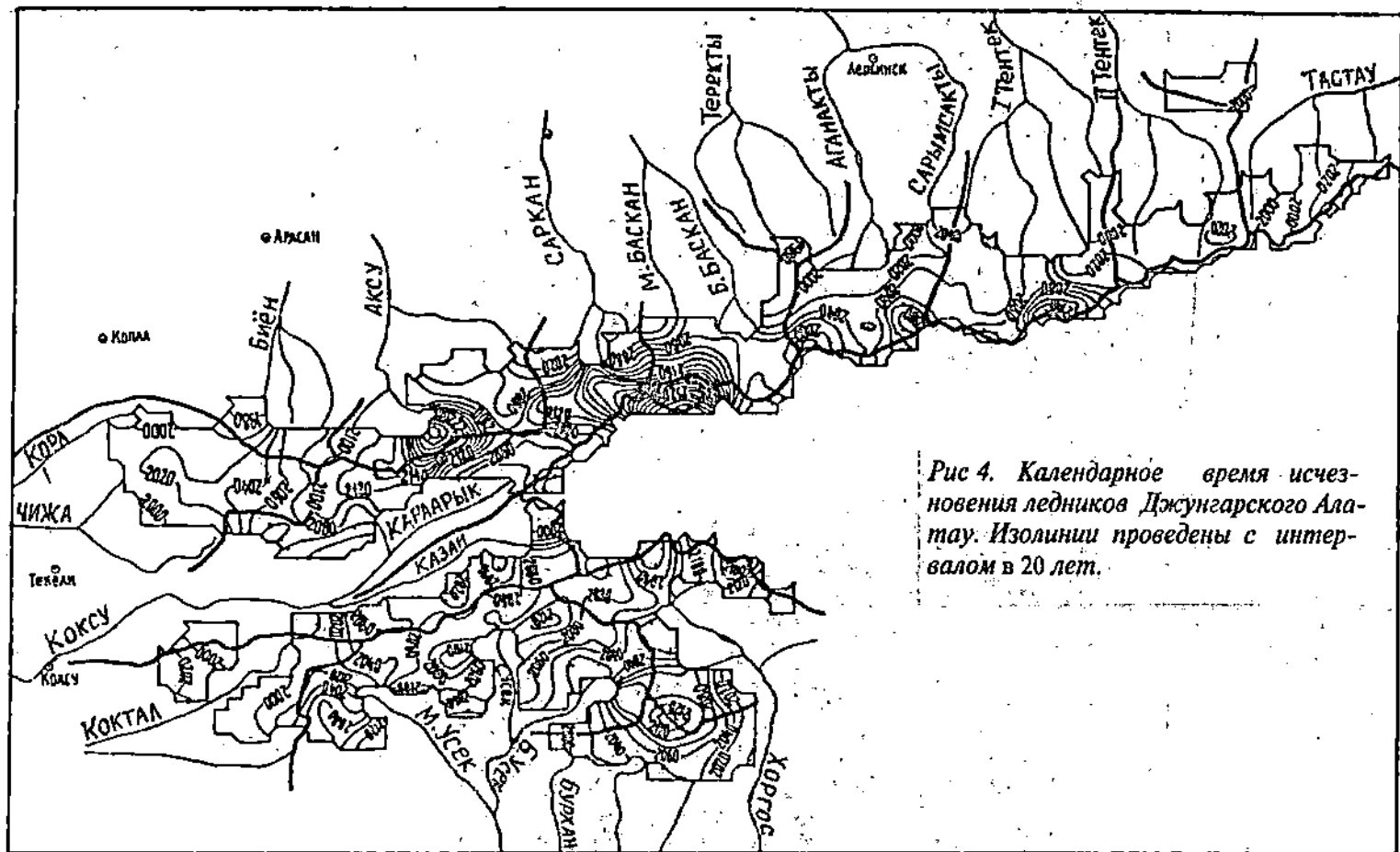


Рис 4. Календарное время исчезновения ледников Джунгарского Алатау. Изолинии проведены с интервалом в 20 лет.

В бассейнах рек западной ориентации стока, в силу описанных выше условий существования ледников, наблюдаются самые большие потери массы (1,1 % в год), что приводит их к самому неустойчивому состоянию. Исходя из запасов льда на 1970 г., эти ледники исчезнут через 90 лет, т.е. в 2060 г. \pm 10 лет, при сохранении тенденции изменения климата.

В самых благоприятных условиях находятся ледники бассейнов рек северной ориентации стока, но потеря массы льда здесь идет неравномерно и зависит от географического места расположения бассейнов рек: на западной стороне (р. Биён) ежегодное изменение массы льда равно 0,76 %, они исчезнут через 130 лет (в 2100 году); восточнее, в наиболее высокой части Джунгарского Алатау (р. Баскан), ледники теряют всего 0,44 % массы и устойчивость их существования самая большая, 430 лет (до 2400 года); на восточной стороне хребта (р. Ыргайты) потеря массы достигает 1,33 % в год, через 70 лет (к 2040 году) ледников здесь уже не будет. В бассейнах южной ориентации стока ежегодные потери массы равны 0,96 %; им осталось существовать 100 лет (до 2070 года). Более активно ледники будут уменьшаться по всей периферии гор, хотя, как говорилось ранее, условия их питания там лучше, чем у ледников внутренних территорий. В связи с предполагаемым планетарным повышением температуры воздуха в результате антропогенной деятельности на 3-5 °С, названные скорости естественного исчезновения горных ледников возрастут.

В заключении отметим, что уменьшение запасов льда в горах отразится на доле ледниковых вод в стоке рек, изменится микроклимат гор и предгорных территорий в сторону увеличения засушливости; начнутся естественные изменения в сохранении и выживаемости растительного и животного мира; потребуются перестройка сельского хозяйства в направлении интенсификации производства на более ограниченных площадях; ориентирование промышленности на меньшее потребление воды и, по-видимому, работа по ограничению народонаселения на этих территориях. Учитывая вышесказанное, мониторинг горных ледников в ближайшие десятилетия будет играть решающую роль в оценке экологии предгорных территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мачерет Ю.Я., Черкасов П.А., Боброва Л.И. Толщина и объём ледников Джунгарского Алатау по данным аэrorадиозондирования // Материалы гляциологических исследований. - 1988. - Вып. 62. - С. 59 - 71.

2. Черкасов П.А. Сейсмическое зондирование ледников бассейна р. Аганакты Тентекской в хребте Джунгарский Алатау // Гляциологические исследования в Казахстане.- 1965. - Вып. 5. - С. 117-134.
3. Черкасов П.А., Никитин С.А. К методике расчёта объёма горных ледников по данным наземной и воздушной радиолокационной съёмки (на примере Джунгарского Алатау) // Ледники, снежный покров и лавины в горах Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1989.- С. 18-37.
4. Черкасов П.А. Расчёт составляющих водно-ледового баланса внутриконтинентальной ледниковой системы на примере Джунгарского Алатау // Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора географических наук.- М., - 1991.- 43 с.
5. Черкасов П.А., Ерисковская Л.А. Фазовый состав атмосферных осадков ледниковой зоны Джунгарского Алатау в тёплый период года // Материалы гляциологических исследований.- 1996. - Вып. 80.- С.154-157.
6. Driedger C.L., Kennard P.M. Glacier volume estimation on Cascade volcanoes: an analysis and comparison with other methods // Annals of Glaciology. - 1986.- Vol.8.- P.59-64.
7. Driedger C.L., Kennard P.M. The volumes on Cascade volcanoes: Mount Rainier, Mount Hood, Three Sisters and Mount Shasta // U.S. Geol. Sei. Profess. Pap.- 1987.- № 1365.- P:1-28.

Институт географии МН-АН РК

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ТАБИҒИ-РЕСУРСТЫҚ МҮМКІНДІГІН БАҒАЛАУДАҒЫ ТАУДЫҢ МҮЗДЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІ МОНИТОРИНГІСІНІҢ РОЛІ

Геогр. ғ. докторы П.А. Черкасов

Муздықтар морфологиясын ескере отырып, оның көлемін анықтау әдісі бойынша Жоңғар Алатауында 42 км³ жуық мұз бар екені анықталды. Мұздықтың физикалық жазықтығын ескере отырып олардың сыртқы масса айналымының құрамалары мен балансын есептейтін теориясы мен әдісінің маңызды қағидалары келтірілді. Тау бедерінің құрылысына және атмосфера айналымының ерекшеліктеріне байланысты Жоңғар Алатауындағы мұздық система бойынша олардың жазықтық өзгерушілігіне және тұрақтылығына сипаттама берілді. Климаттың өзгеру тенденциясы сақталған жағдайда бұл таулы аймақта орташа 100 жылдан кейін мұздықтардың маңызды массалары жойылады.

УДК 551.578.46(574-12+23.0)

**КОЛЕБАНИЯ СНЕЖНОСТИ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ
ЮГО-ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА**

Доктор геогр. наук

В.П. Благовещенский
Н.В. Пиманкина

Рассмотрены изменения высоты, водности и продолжительности залегания снежного покрова в горных районах Юго-Восточного Казахстана за последние 30 лет. Установлено, что изменения параметров снежности в различных высотных поясах гор имеют разный размах колебаний и направленность.

Снежность является одной из важных климатических характеристик горной территории, оказывающих сильное влияние на природные процессы и хозяйственную деятельность человека. К числу основных показателей снежности относятся: высота снежного покрова, запас воды в снежном покрове (водозапас) и продолжительность залегания устойчивого снежного покрова (УСП). Высота снежного покрова и продолжительность его залегания определяют условия развития зимней рекреационной деятельности. Запас воды в снежном покрове влияет на сток горных рек и обуславливает снеговые нагрузки на инженерные сооружения. Продолжительность периода с УСП, даты его образования и схода необходимо учитывать при определении сроков вегетации и условий перезимовки сельскохозяйственных культур, прогноза температуры сезонно- и многолетнемерзлых пород и несущей способности грунтов. Продолжительность периода с УСП в значительной мере определяет расходы топлива, энергии, тепла в коммунальном хозяйстве. Наблюдаемый в настоящее время период устойчивого потепления, усиленный антропогенными факторами, приводит к изменению характеристик снежного покрова. Правильный учет тенденций развития климатических особенностей региона в холодное полугодие должен способствовать принятию оптимальных решений, особенно в сфере топливно-энергетического комплекса и транспорта, в эпоху рыночных отношений и постоянно меняющейся ценовой политики.

Для изучения колебаний характеристик снежности в горных районах Юго-Восточного Казахстана использовались результаты многолетних наблюдений Казгидромета за снежным покровом на 11 снегомерных маршрутах и 33 метеостанциях, а также данные двух

стационаров Института географии. Число лет наблюдений составляет от 20 до 67. Для многолетних трендов использовалась линейная аппроксимация и рассчитывались угловой коэффициент тренда A , константа B и их ошибки, а также среднее квадратическое отклонение остатков и статистика Дарбина-Уотсона DW . Достоверность A и B определялась по критерию Стьюдента t . Результаты расчетов параметров линейных трендов максимальных водозапаса W на метеостанциях приведены в табл. 1, максимальной высоты снега h на снегомерных маршрутах - в табл. 2. Поскольку характеристики h и W тесно связаны между собой (коэффициент корреляции 0,88), можно считать, что сведения, помещенные в таблицах, дополняют друг друга. Первое, что бросается в глаза при анализе данных - это низкая достоверность трендов. Из 62 пунктов наблюдений только на 18 вероятность наличия тренда превышает 80 и 90 % - лишь на 10.

Таблица 1

Параметры линейных трендов максимального водозапаса по данным метеостанций за весь период наблюдений

Метеостанция	Высота метеостанции, м абс.	Угловой коэффициент тренда, мм/год	Вероятность тренда	Константа, мм
Шилик	608	-0,12	0,29	27
Жаркент	640	-0,35	0,84	32
Лепсинск	1022	-1,21	0,47	202
Кордай	1145	-0,29	0,57	58
Подгорное	1273	0,02	0,06	48
Кугалы	1385	-0,73	0,80	164
Текели	1702	2,90	0,99	91
Луговой	682	0,20	0,69	23
Блинково	1122	0,82	0,92	61
Алматы, агро	1370	0,10	0,14	109
Большое Алма-тинское Озеро	2516	-0,06	0,07	160
ледн. Тулюксу	3400	2,48	0,50	307

Тем не менее, можно констатировать, что при общей низкой достоверности максимальный снегозапас, по данным ряда метеостанций, расположенных в низкогорной зоне хребтов Заилийского и Джунгарского Алатау, в течение всего периода наблюдений уменьшается со скоростью около 0,5 мм/год. В то же время, средние значения W , зафиксированные на метеостанциях, расположенных на западной периферии горных хребтов, увеличились за последние 30 лет по сравнению с наблюдавшимися до середины 60-х годов, т.е. за период, который можно принять за условно-естественный.

Параметры линейных трендов максимальной высоты снега на снеговой маршрутах за весь период наблюдений

Бассейн реки	Высота снеговой линии, м абс.	Угловой коэффициент, см/год	Вероятность тренда	Статистика Ларбина-Уотсона	Константа, см	Ошибка константы, см	Среднеквадратическое отклонение остатков, см
Малая Алматинка	1342	0,27	0,76	2,24	48	5,0	15
	2200	0,41	0,74	2,64	68	6,5	18
	2600	0,68	0,69	1,67	93	11,6	31
	2800	0,05	0,07	1,69	82	11,5	34
	3650	-0,81	0,86	2,36	162	13,1	41
Большая Алматинка	2500	0,59	0,89	1,94	63	8,8	28
	1300	-1,09	0,96	2,44	48	6,4	15
	1500	0,98	0,76	1,44	81	9,2	19
	2200	0,05	0,09	1,87	36	6,4	14
	2630	0,26	0,46	1,92	40	5,8	13
Турень	1790	1,02	0,99	2,10	44	5,3	13
	2150	0,28	0,53	2,18	35	5,6	14
	2976	2,36	0,99	1,49	34	8,1	18
	3140	3,05	0,99	1,22	41	6,8	15
	Шимик	1920	-0,12	0,42	2,49	28	4,7
2360		-0,11	0,37	1,89	24	4,3	12
2820		-0,46	0,80	1,91	47	7,1	21
3220		-1,80	0,99	1,10	90	9,9	29
Шалкундысу		1920	-0,12	0,42	2,49	28	4,7

Бассейн реки	Высота снегопунк- та, м абс.	Угловой коэффициент тренда, см/год	Вероят- ность тренда	Статистика Дарбина- Уотсона	Конс- танта, см	Ошибка константы, см	Среднеквад- ратическое отклонение остатков, см
Дардамты	1600	-0,01	0,10	1,58	30	9,2	11
	2330	1,94	0,99	1,73	34	5,4	11
	2860	1,09	0,66	1,91	45	12,1	25
	3250	1,65	0,85	1,56	57	11,6	24
Балдабрек	1540	0,03	0,90	2,00	43	5,7	18
	1580	0,11	0,62	2,20	44	5,3	17
	1900	-0,24	0,43	2,30	97	7,5	23
	2020	-0,52	0,12	2,20	85	7,6	23
Каратал	1300	0,10	0,24	1,97	43	7,1	21
	1820	-0,59	0,79	2,56	109	9,9	29
	2060	-1,10	0,96	2,40	127	10,3	29
	2450	-1,09	0,81	2,12	188	17,3	51
Баскан	1750	-0,12	0,19	2,35	55	7,5	18
	1920	0,11	0,21	2,14	42	6,5	16
	2590	-0,12	0,18	1,93	75	7,9	19

Так, по данным снегосъемок на М Блинково ($H = 1122$ м), среднее из максимальных значений запаса воды в снежном покрове за период наблюдений до 1965 г. составляет 64 мм, а за период с 1965 по 1992 г. оно увеличилось до 90 мм, на М Текели ($H = 1702$ м) величина снегозапаса увеличилась от 97 до 180 мм соответственно. По данным наблюдений станций и измерений на маршрутных снегосъемках в различных высотных зонах, размах колебаний экстремальных значений величины снегозапаса за последние 30 лет существенно (на ряде станций более чем в два раза) увеличился по сравнению с условно-естественным периодом, при этом встречаемость аномальных величин W возросла. Наибольшее увеличение размаха колебаний величин снегозапаса отмечено в низкогорной зоне Южной Джунгарии и Западного Тянь-Шаня. С середины 60-х годов на ряде пунктов наблюдений отмечается увеличение средней высоты снежного покрова (рис. 1). Эта тенденция зафиксирована в бассейнах рек Тургень, Шилик, Дардамты, Малая Алматинка (см. табл. 2).

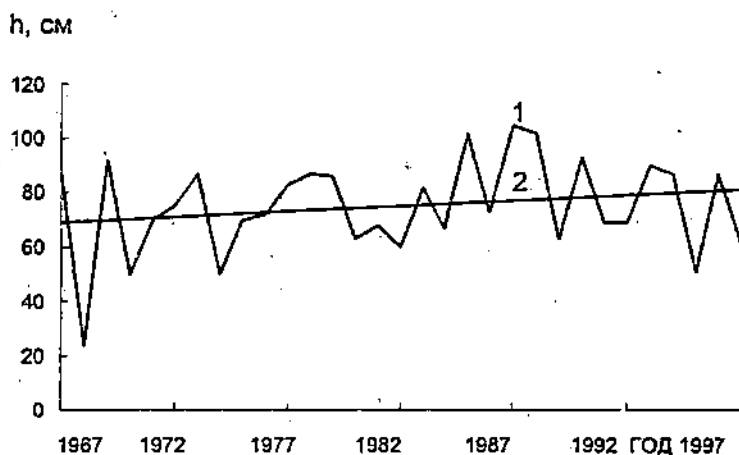


Рис. 1. Максимальная высота снега (1) на горизонтальной площадке СЛ Шимбулак (2200 м) и линейный тренд значений h (2)

Характерная величина тренда составляет 0,5 - 1 см/год. Отрицательный тренд h с различной вероятностью отмечается в бассейнах рек Каратал, Баскан, Шалкудысу, Балдабрек, Боролдай, причем на снегопунктах, расположенных при выходе из гор этих рек, наблюдается тенденция к некоторому увеличению значений h и W .

Для практической деятельности гораздо большее значение, чем тренды, имеет межгодовая изменчивость снежности. Если за 20 лет норма h в среднегорной зоне может измениться на 5-10 см (5-10 %), то в этот же период размах колебаний этой характеристики может составить 100 см и более (около 100 % нормы). При этом малоснежные и многоснежные годы могут следовать непосредственно друг за другом, и различия h двух последующих лет могут достигать 300 %.

На одних и тех же высотах колебания снежности происходят в целом синхронно, то есть малоснежные и многоснежные зимы наблюдаются в одни и те же годы. Однако для разных высотных зон эта синхронность нарушается. В высокогорной зоне малоснежные годы могут наблюдаться тогда, когда в среднегорной и низкогорной зонах зимы многоснежные, как это было зимой 1965/66 и 1987/88 гг. Этот вывод подтверждается расчетами коэффициентов корреляции высоты снега на снегомерных пунктах. Для расчетов коэффициентов корреляции использованы данные за весь период работы метеостанций, число лет наблюдений колеблется от 20 до 62. Для пунктов, расположенных в одной и той же высотной зоне, коэффициент корреляции равен 0,8-0,9. В пунктах соседних высотных зон он составляет 0,5-0,6, а между h низкогорной и высокогорной зон коэффициент корреляции становится отрицательным (минус 0,1), т.е. корреляция отсутствует. Корреляционная связь периода с устойчивым залеганием снега (D) даже на соседних метеостанциях невысока, в одинаковых высотных зонах не превышает 0,6, а в пунктах, расположенных в различных высотных зонах, корреляция D , как и h , также отсутствует (например, для метеостанций Алматы, ОГМС и Мынжилки коэффициент корреляции равен минус 0,1).

Межгодовая изменчивость может быть охарактеризована коэффициентом вариации C , равным отношению среднеквадратического отклонения к норме. В горных районах Юго-Восточного Казахстана для высоты снега и водозапаса в низкогорной зоне $C = 0,5-0,7$, в среднегорной зоне он понижается до 0,3-0,4, а в высокогорной зоне несколько увеличивается и составляет 0,4-0,5. Для периода с УСП, по данным станций средне- и высокогорной зоны, $C = 0,1-0,2$, а в низкогорных районах он несколько выше и составляет 0,2-0,4.

Продолжительность залегания снежного покрова связана с осадками и температурой воздуха в переходные периоды (осенью и весной), и слабо зависит от этих показателей в зимнее время. В высокогорной зоне коэффициент корреляции между D и осадками в сентябре и мае равен 0,3-0,4. Связь D с температурой воздуха в эти месяцы характеризуется коэффициентами корреляции минус 0,3-0,4.

Построены карты сроков залегания и средней многолетней продолжительности периода D с устойчивым снежным покровом, а также карты 5- и 95 %- й обеспеченности этих характеристик снежного покрова на территории Юго-Восточного Казахстана масштаба 1:1 000 000. В низкогорной зоне Угамского и Киргизского хребтов (Шымкентская и Жамбылская области), в Южной Джунгарий, в низкогорьях на востоке и западе Алматинской области 1 раз в 20 лет следует ожидать зимы с УСП продолжительностью более четырех, в долине Или - немного менее четырех месяцев, что превышает среднюю длительность зим на полтора месяца. При этом в средне- и высокогорной зонах хребтов возможно увеличение продолжительности залегания УСП на 20-40 суток относительно рассчитанных средних величин. Существенно отличается распределение по территории периода D 95 %- й обеспеченности, т.е. близкой к минимальным значениям. В низкогорной зоне Угамского и Киргизского хребтов, Заилийского Алатау, в долине р. Или, в Южной Джунгарии, Кегенской долине возможны зимы с устойчивым снежным покровом продолжительностью всего около 30 суток, а в средне- и высокогорье может наблюдаться уменьшение продолжительности периода D на 1-2 мес., причем наименьшее сокращение периода с УСП следует ожидать в центральной части Северной Джунгарии.

За последние 30 лет средняя продолжительность залегания устойчивого снежного покрова уменьшилась по сравнению с наблюдавшейся ранее (до середины 60-х годов) во всех высотных зонах и практически на всех станциях, кроме М Большое Алматинское Озеро. Средние величины D выведены непосредственно из рядов наблюдений и не приведены к единому периоду. Метеостанции, расположенные на территории относительно крупных городов - Алматы, Талдыкоргана, Жаркента (т.е. в связи с застройкой городов подверженные изменению метеорологического режима), а также в засушливых Текесской и Кегенской долинах, зафиксировали наибольшее сокращение продолжительности периода с УСП - на 10-20 % (или на 15-24 суток). В хорошо увлажненной средне- и высокогорной части Заилийского Алатау это уменьшение не так значительно и составляет 2-7 % (или 3-10 сут). Также незначительно сократился период с УСП в предгорной и среднегорной Джунгарии - на 4-7 % (на 7-9 сут).

Анализ временной изменчивости периода с УСП показывает, что в целом на всех станциях региона за весь период наблюдений отмечена тенденция к уменьшению продолжительности D. Однако статистически значимые тренды выявлены только для метеостанций Сарыджаз, Подгорное, Верхний Горельник, Алматы ОГМС, Лепсинск, Аягуз. Отдельно анализировались тенденции в изменении продолжительности периода D за последние 30 лет. В целом с середины 60-х годов отмечена тенденция к увеличению продолжительности периода с УСП на метеостанциях всех высотных зон региона, кроме М Сарыджаз

и Талдыкорган. На рис. 2 в качестве примера приведены фактические значения периода с устойчивым снежным покровом (в сутках) на М Аягуз за последние 30 лет и его линейный тренд.

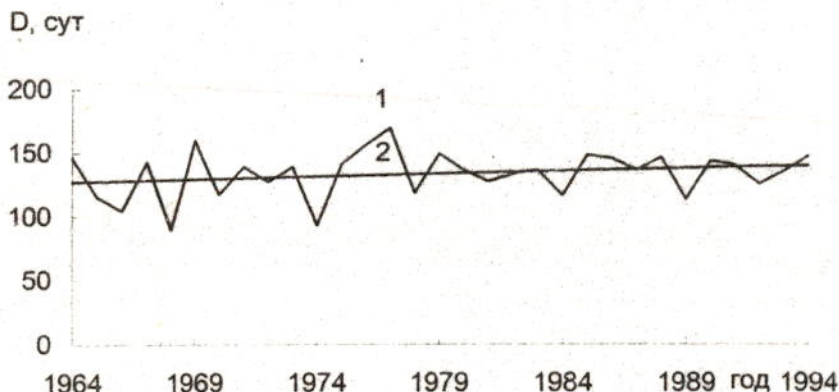


Рис. 2. Изменение продолжительности периода с устойчивым залеганием снежного покрова (1) и линейный тренд периода с УСП (2) по данным М Аягуз за 1965-1995 гг.

Статистически значимые положительные тренды выявлены для М Текели, Нарынкол, Жаланаш, Ассы, Усть - Горельник, а также для низкогорных метеостанций - Моинты, Аягуз (табл. 3). Анализ тенденций в изменении календарных дат формирования и разрушения УСП на этих станциях показал наличие статистически значимых трендов как к более раннему образованию, так и к более позднему разрушению УСП. Установлена также общая тенденция для низкогорной зоны Тянь-Шаня и хр. Кетмень* к более позднему разрушению УСП весной по сравнению с условно-естественным периодом, что связано, по-видимому, с увеличением повторяемости на этой территории холодных весен. При этом средние даты разрушения УСП в высокогорной части Тянь-Шаня, а также в Джунгарии, практически не изменились по сравнению с условно-естественным периодом, и тенденции в их изменении не установлены. Увеличение продолжительности периода с УСП происходит на фоне неоднократно отмеченного роста приземной температуры воздуха, особенно в зимнее время, и роста количества осадков (анализ временных и пространственных тенденций распределения которых требует отдельного рассмотрения).

Возможно, это связано с более интенсивными процессами циклогенеза в зимние сезоны, способствующими адвекции тепла и влаги на юго-восток Казахстана.

Таблица 3

Параметры линейных трендов продолжительности залегания устойчивого снежного покрова за весь период наблюдений и за 1965-1995 гг.

Метеостанция	Абсолютная высота, м	Угловой коэффициент тренда		Вероятность тренда	
		Весь период наблюдений	1965-1995 гг.	Весь период наблюдений	1965-1995 гг.
Аягуз	563	-0,20	0,41	0,90	0,84
Сарканд	764	-0,12	0,56	0,64	0,71
Лепсинск	1022	-0,14	0,09	0,88	0,22
Текели	1702		0,99		0,97
Кугалы	1385	-0,15	0,22	0,74	0,35
Сарыджаз	1956	-0,28	-0,40	0,93	0,56
Нарынкол	1806	-0,18	1,48	0,45	0,96
Большое Алма-тинское Озеро	2516	-0,10	0,28	0,57	0,44
Мынжилки	3017	-0,02	0,06	0,13	0,12
Верхний Горельник	2268	-0,30	0,29	0,95	0,42
Усть-Горельник	1943	-0,04	1,15	0,25	0,98
Алматы, ОГМС	844	-0,28	0,38	0,93	0,37
Есик	1098	-0,07	0,05	0,28	0,07
Мерке	691	0,01		0,02	
Ванновка	809	0,14	0,24	0,39	0,17
Блинково	1122	-0,04	0,07	0,17	0,06
Чокпак	1135	-0,03	0,56	0,11	0,43
Чуулдак	1947		-0,02		0,06
Моинты	582	0,14	2,16	0,52	0,99

Несмотря на некоторое увеличение продолжительности периода с УСП практически на всей рассматриваемой территории по сравнению с теплыми 60-70-ми годами, абсолютные значения продолжительности периода D остаются меньше наблюдавшихся в холодные 30-40-е годы.

Анализ долговременных наблюдений за залеганием УСП выявил, что в последние 30 лет во всех высотных зонах в 4-30 % случаев отмечены зимы с периодом УСП, превышающим на 3-4 и более недель среднее для каждой станции значение, т.е. примерно 1 раз в 5 лет

наблюдается зима большой продолжительности. Расчет количества осадков X , выпадающих за период залегания УСП на ряде метеостанций средне- и высокогорной зоны Заилийского и Джунгарского Алатау показал, что за последние 30 лет суммы X практически не изменились по сравнению с условно-естественным периодом. Доля осадков, выпадающих в твердом и смешанном виде, по данным [3], заметно увеличилась на М Куталы и Нарынкол, на М Мынжилки сократилась на 4 %, по данным других станций региона осталась без изменений. По данным наблюдений на стационаре Института географии на леднике Туюксу установлены слабые отрицательные корреляционные зависимости месячных сумм осадков от среднемесячной температуры воздуха. Коэффициенты корреляции этих зависимостей меняются от месяца к месяцу от минус 0,1 до минус 0,5. Это говорит о том, что более холодные зимы в гляциальной зоне являются и более снежными.

Расчеты статистики Дарбина-Уотсона (DW) показали, что периодичность в колебаниях характеристик снежности выражена очень слабо. В большинстве случаев DW мало отличается от 2, что бывает при отсутствии периодической составляющей. Этот вывод подтверждается расчетами периодограмм для некоторых наиболее достоверных рядов h и D . Можно отметить только некоторое повышение вероятности появления циклов продолжительностью 3 года. Это приводит к тому, что 2 многоснежные или малоснежные зимы могут следовать друг за другом.

Сопоставление колебаний снежности с колебаниями солнечной активности показало отсутствие значимой связи между ними: коэффициент корреляции между h и среднегодовым значением индекса солнечной активности равен минус 0,1. Тем не менее необходимо отметить, что максимальные значения h приходится на годы с минимальными показателями солнечной активности (например, 1966, 1969 и 1987 гг.). Со снежностью года тесно связана лавинная активность территории. Коэффициент корреляции между максимальной высотой снега и суммарным объемом лавин в бассейнах рек Большой и Малой Алматинки в Заилийском Алатау, рассчитанный по данным [1, 2], равен 0,66 и 0,72. При этом следует отметить, что анализ данных наблюдений за лавинной активностью в бассейне р. Малой Алматинки (СЛ Шимбулак) показал отсутствие достоверного тренда как числа лавин, сходящих за зиму, так и их суммарного и максимального объема.

Итак, в целом для рассматриваемого региона в течение нынешнего глобального потепления с середины 60-х годов отмечено увеличение средней максимальной высоты снега и продолжительности залегания устойчивого снежного покрова. Размах колебаний экстремальных значений снегозапаса, высоты снега и продолжительности залегания устойчивого снежного покрова увеличился. Региональные временные ряды показывают (с различной

степеню достоверности) некоторое уменьшение общей снежности в низкогорных районах и увеличение в высокогорных и увлажненных районах. Снежность в высокогорье мало зависит от зимних температур, а в низкогорной зоне, особенно в южных районах, где снежный покров неустойчив и залегает только в самые холодные месяцы года, характеристики снежности весьма зависят от зимних температур. Потепление оказывает более значительное влияние на характеристики снежного покрова в низкогорных засушливых районах, особенно в южной части рассматриваемой территории, и меньшее - в средне- и высокогорных районах, более холодных и хорошо увлажненных. Климатические изменения в отдельных районах проявляются по-разному и требуют более тщательного изучения для принятия решений в сельскохозяйственной и инженерной практике. Несмотря на фактическое потепление в холодное полугодие, трудно прогнозировать экономию на подаче тепла в жилые дома или упадок зимнего туризма, а также скорое и необратимое изменение ландшафтной поясности и перемену привычной трудовой деятельности населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К вопросу оценки лавинной опасности в Заилийском Алатау/ Е.И. Колесников, Е.Е. Коченова, Е.В. Новикова, А.Н. Подстречный // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 3. - С. 77-87.
2. Кондрашов И.В. Прогноз лавин и некоторых характеристик снежности в горах Казахстана. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 72 с.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып. 18. Книга 1, 2. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 514 с., 440 с.

Институт географии МН-АН РК

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК- ШЫҒЫС ТАУЛЫ АЙМАҒЫНДА ҚАРЛЫЛЫҚТЫҢ ӨЗГЕРУІ

Геогр. г. докторы В.П. Благовещенский
Н.В. Пимакина

Сонғы 30 жылда Қазақстанның оңтүстік-шығыс таулы аймағындағы қар жамылғысының биіктіктігін, сулылығының және жату ұзақтығының өзгеруі қарастырылған. Қар жамылғысы параметрлерінің өзгеруі таудың әртүрлі биіктік белдеулерінде әртүрлі мөлшер бағытта болатындығы анықталды.

УДК 551.345:551.583.001.18(235.221)

О ПРОГНОЗЕ ТЕРМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕРЗЛЫХ ПОРОД ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

С.С. Марченко

Дан прогноз изменения среднегодовых температур воздуха в центральной части Заилийского Алатау. Методом численного моделирования получена оценка термического состояния высокогорной криолитозоны и изменение границ ее распространения до 2020 года.

Факт потепления климата в течение 20-го столетия общеизвестен. По данным специалистов Межправительственной группы по проблемам изменения климата (IPCC), за последние 100 лет глобальная температура поверхности Земли увеличилась на 0,3-0,6 °С [12]. По существующим оценкам, повышение температуры воздуха за тот же период в различных высокогорных регионах оценивается в 0,5-0,8 °С [16]. За 70-летний период среднефоновый прирост приземной температуры по Чуйской долине составил 2,5 °С, Иссык-Кульской котловине 1,5 °С, плато Тянь-Шань 0,4 °С [6]. В связи с этим отмечается рост температур альпийской криолитозоны [15, 17, 19]. Многолетнемерзлые породы, особенно приповерхностный слой годовых колебаний температуры, обладают высокой чувствительностью к изменениям теплового режима на поверхности. В Заилийском Алатау на абсолютных высотах 3320-3350 м геотермические наблюдения в течение последних 23 лет показали наличие восходящего тренда в динамике температурного режима мерзлых толщ, который, в зависимости от льдистости отложений, составил 0,2-0,4 °С. Среднее значение глубины сезонного протаивания в течение указанного периода увеличилось на 25-30 %.

По данным высокогорных метеостанций, расположенных в Заилийском Алатау, наблюдается рост средней летней, зимней и годовой температур воздуха. Динамика изменения температурных показателей по некоторым из них, расположенным на различных высотных уровнях в центральной части Заилийского Алатау, приведена в табл. 1 и на рис. 1. В качестве критерия (см. табл. 1) использована разность средних значений температуры воздуха за последние (1977-1996 гг.) и первые двадцать лет наблюдений (ΔT). Причем, значения, приведенные в числителе, характеризуют средние годовые показатели температуры воздуха, в знаменателе - средние за холодный период (с отрицательной средней месячной температурой воздуха).

Таблица 1

Значения средних годовых и средних за холодный период температур воздуха и их изменения по метеостанциям центральной части Заилийского Алатау

Метеостанция	Высота, м абс.	Период наблюдений, годы	Среднее значение температуры, °С, за			ΔТ, °С
			весь период наблюдений	первые 20 лет	1977-1996 гг.	
Алматы	847	1879-1996	<u>8,5</u>	<u>7,3</u>	<u>9,4</u>	<u>2,1</u>
ГМО			<u>-6,0</u>	<u>-8,0</u>	<u>-4,6</u>	<u>3,4</u>
Большое Алматинское Озеро	2506	1932-1996	<u>1,2</u>	<u>0,9</u>	<u>1,5</u>	<u>0,6</u>
			<u>-6,4</u>	<u>-7,0</u>	<u>-6,1</u>	<u>0,9</u>
Мынжилки	3017	1937-1996	<u>-1,9</u>	<u>-2,2</u>	<u>-1,5</u>	<u>0,7</u>
			<u>-7,1</u>	<u>-7,5</u>	<u>-6,8</u>	<u>0,7</u>

По данным М Алматы ГМО (абс. высота 847 м), в течение последних 117 лет среднегодовая температура воздуха увеличилась на $2,1^{\circ}\text{C}$, а среднее значение температуры воздуха за холодный период, который на этом высотном уровне равен трем зимним месяцам, возросло на $3,4^{\circ}\text{C}$. При этом, наибольший рост температур наблюдался в первые два десятилетия 20-го века (см. рис. 1). Менее длительные ряды наблюдений по М Большое Алматинское Озеро (абс. высота 2506 м) и М Мынжылки также свидетельствуют о наличии восходящего тренда среднегодовой и средней за холодный период температур воздуха. Продолжительность периода с отрицательной среднемесячной температурой воздуха на абсолютных отметках 2506 м и 3017 м соответственно ноябрь - март и октябрь - апрель.

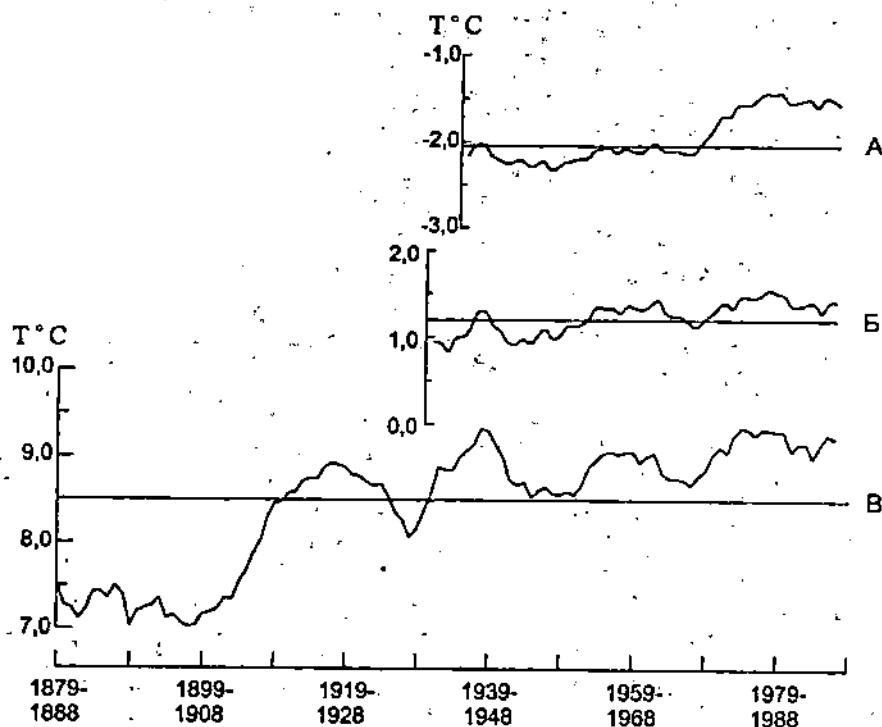


Рис. 1. Многолетний ход средней годовой температуры воздуха, сглаженной десятилетними скользящими средними по данным метеостанций: А - Мынжылки, Б - Большое Алматинское Озеро, В - Алматы ГМО, горизонтальные прямые характеризуют значение средней многолетней температуры воздуха.

Многолетний ход среднегодовой температуры воздуха показывает (см. рис. 1), что колебания температуры на всех трех высотных уровнях происходит в одной фазе и близким по значению размахом. Это дает основание предполагать, что величина тренда средней годовой

температуры воздуха за последние 100-120 лет на высотных отметках 2500 и 3000 м имеет тот же порядок, что и на уровне М Алматы ГМО.

На сегодняшний день имеется достаточно много работ, посвященных исследованию временных рядов с целью изучения периодичности метеорологических величин. Выделение основных структурных элементов ряда (элементарных гармоник с определенными периодами) с дальнейшей экстраполяцией только этих составляющих неоднократно использовалось в мировой практике [3,4,5,8,13]. Для получения спектра ряда среднегодовых температур воздуха, зафиксированных на М Алматы ГМО, использован метод Диминга с применением функции окна данных для уменьшения величины смещения в периодограммной оценке [14]. В табл. 2 представлены пять лучших (по величине размаха) периодов, полученных в результате спектрального разложения ряда.

Таблица 2

Основные периодические составляющие ряда среднегодовых температур воздуха по М Алматы ГМО

Период, годы	Размах, °С	Частота, год ⁻¹
182,437	1,049	0,00548
81,196	0,604	0,01232
22,124	0,532	0,04519
8,021	0,327	0,12467
3,483	0,354	0,28710

Полученные ритмы (см. табл. 2) могут быть сопоставлены с 80-90-летним ритмом солнечной активности и 22-летним периодом перемены магнитной полярности солнечных пятен, что может являться дополнительным прогностическим признаком. Кривая, синтезированная на основе полученных данных (рис. 2, кривая 1), показала удовлетворительное совпадение периодов повышения и падения температуры, отраженных натурной кривой в течение метеонаблюдений (см. рис. 2).

Для прогнозной оценки возможного изменения температуры воздуха в будущем рассматривались два варианта. В первом варианте предполагается, что температура воздуха будет изменяться в соответствии с естественно-природной динамикой климата. Второй предусматривает возможное глобальное потепление с наложением фактора парниковых газов. Согласно оценкам, полученным ранее, ожидаемое антропогенное повышение средней глобальной температуры воздуха к 2025 г. составит 2 °С, а к середине 21 века оно достигнет 3-4 °С [10].

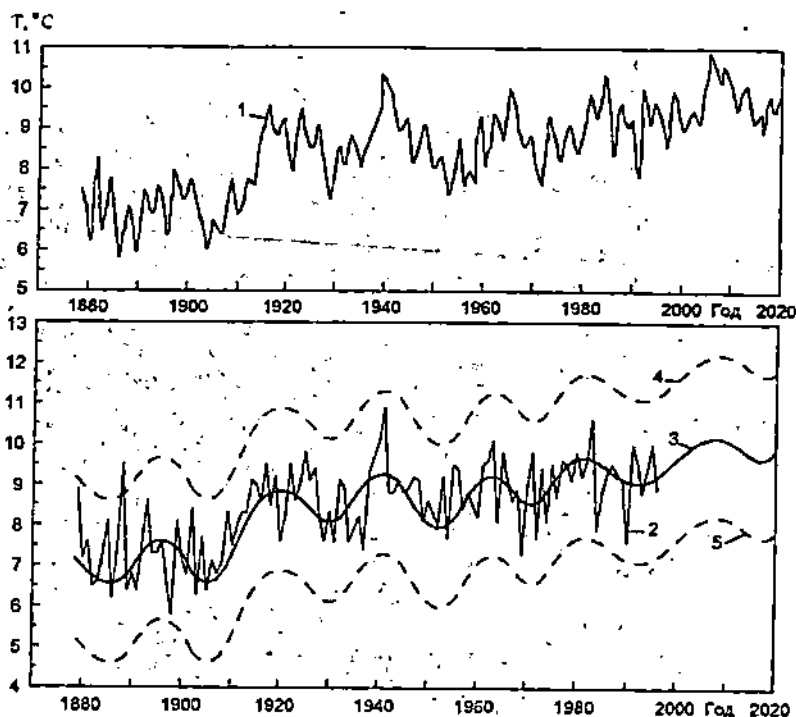


Рис. 2. Анализ векового хода среднегодовой температуры воздуха и ее прогноз по М Алматы ГМО: 1 - кривая, полученная в результате гармонического синтеза; 2 - ход среднегодовой температуры; 3 - синтетическая кривая, отфильтрованная низкочастотным фильтром; 4, 5 - отклонения от расчетных значений с 5 и 95 % - й обеспеченностью соответственно.

Анализ более поздних данных позволяет считать, что возможному влиянию парникового эффекта при удвоении концентрации CO_2 в атмосфере, будет соответствовать повышение средней глобальной температуры в пределах $1,5-2,0^\circ\text{C}$ [7,18]. Принимая во внимание широтное распределение интенсивности проявления глобальных климатических изменений, а также основываясь на полученных прогнозных данных, можно предположить, что для высокогорных районов Заилийского Алатау ожидаемое повышение температуры к 2020 г. может составить $2,4-2,7^\circ\text{C}$ по сравнению с концом девятнадцатого века.

Существующие в настоящее время разработки не позволяют дать однозначную количественную оценку изменения годовой и, тем более сезонной, нормы осадков при возможном глобальном потеплении. Результаты палеоклиматических реконструкций показывают, что в высокогорных районах Тянь-Шаня в периоды потеплений не происходило значительного увеличения увлажненности [1]. Некоторые исследователи считают, что вероятное повышение температуры в Средней Азии

вызовет такое смещение к югу зоны большей увлажненности, что на Памире количество осадков возрастет, а в Тянь-Шане, наоборот, уменьшится [11]. Для целей геокриологического прогноза наибольшее значение имеет количество осадков, выпадающих в течение холодного периода. Изменение их количества было принято на основе реконструкции и прогноза осадков холодного периода в Заилийском Алатау по дендрохронологическим данным [2]. В соответствии с этим можно предположить, что в начале 20 столетия их количество возрастет, а в интервале 2010-2020 гг. уменьшится.

Для приближенной прогнозной оценки реакции многолетней криолитозоны Заилийского Алатау на предполагаемые климатические изменения проведена серия расчетов по программе, представляющей реализацию разностного алгоритма численного решения одномерной, многофронтной задачи типа Стефана для многослойной среды. Процесс исследовался в рамках его одномерной модели кондуктивного теплообмена с учетом скрытой теплоты при фазовых превращениях влаги через сосредоточенную теплоемкость. Это приводит к вычислительной процедуре разностного решения задачи без явного выделения фронтов [9]. Нелинейное уравнение теплопроводности имеет вид

$$[C(x,t)+\delta(t)Q(x)] \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(x,t) \frac{\partial t}{\partial x} \right]. \quad (1)$$

Левая часть уравнения представляет собой эффективную теплоемкость, где $C(x,t)$ - теплоемкость породы, зависящая от глубины x и температуры t , $Q(x)$ - теплота фазового перехода воды, $\delta(t)$ - дельта-функция Дирака, обладающая свойствами:

$$\delta(t) = \begin{cases} 0, & \text{если } t \neq t^*(x) \\ \infty, & \text{если } t = t^*(x) \end{cases}$$

$t^*(x)$ - температура начала замерзания воды в породе; $\lambda(x,t)$ - коэффициент теплопроводности горных пород.

На верхней границе расчетной области задавались граничные условия 3-го рода (условие Ньютона), на нижней - постоянное значение теплототока, характерное для исследуемого района, 25 мВт/м^2 . Численное решение краевой задачи строилось по неявной разностной схеме, имеющей погрешность аппроксимации $O(h^2 + \Delta\tau)$, h и $\Delta\tau$ - соответственно шаг расчетной сетки по глубине и времени. Получаемая система алгебраических уравнений для значений сеточной температуры решается методом прогонки с итерациями на каждом временном слое. Реализованная схема безусловно устойчива для произвольных h и $\Delta\tau$.

В качестве примера рассматривался район перевала Жусалькесен (хр. Заилийский Алатау, $43^{\circ} 05' \text{ с.ш.}$, $76^{\circ} 55' \text{ в.д.}$, высота 3336 м абс.). В

этом месте, в диапазоне абсолютных высот 3320-3350 м, расположена сеть термометрических скважин и, начиная с 1973 г., проводятся работы по программе инженерно-геокриологического мониторинга. В течение расчетного периода 1980-1995 гг. в качестве верхних граничных условий задавались средние многолетние данные средней месячной температуры воздуха и мощности снежного покрова. В дальнейшем производилось изменение входных параметров до прогнозных значений. Теплофизические и влажностные характеристики грунтов задавались в соответствии с данными реальных геологических разрезов. Расчет производился для слабльдистых (до 5 %) и льдистых (до 30 %) отложений. Прогностические расчеты охватывают период 1995-2020 гг. При этом оценивались динамика изменения температуры горных пород по глубине (рис. 3), а также изменение мощности сезонно-талого слоя (рис. 4).

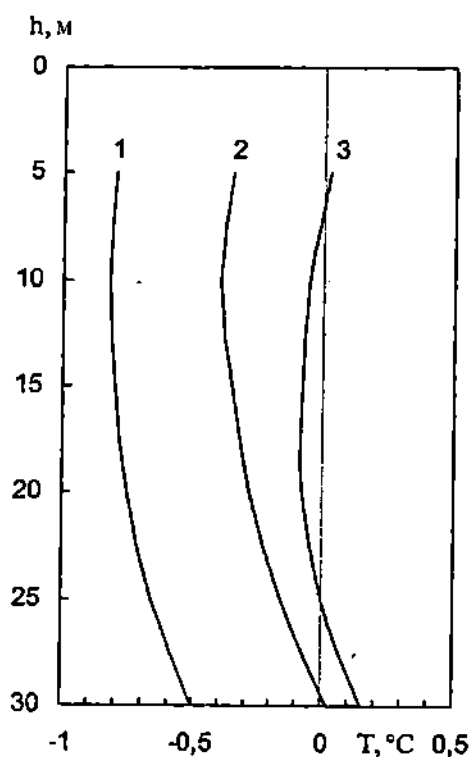


Рис. 3. Геотермические профили в рыхлообломочных, льдистых отложениях в районе перевала Жусалыкезен, (скв. № 1): 1, 2 - соответственно 1975 и 1995 гг. (по данным термометрии); 3 - прогнозная кривая в соответствии с естественно-природной динамикой климата (2020 г.).

Согласно расчетам, на конец прогнозного периода высокольдистые мерзлые толщи будут иметь практически безградиентный термический режим и произойдет разобщение слоя сезонного промерзания с кровлей многолетней мерзлоты. Глубина залегания кровли мерзлых пород к 2020 г. составит примерно 5,6 или 6,5 м, в зависимости от принимаемого варианта климатических изменений. Мощность слоя сезонного промерзания колеблется в пределах 4,7 - 5,2 м.

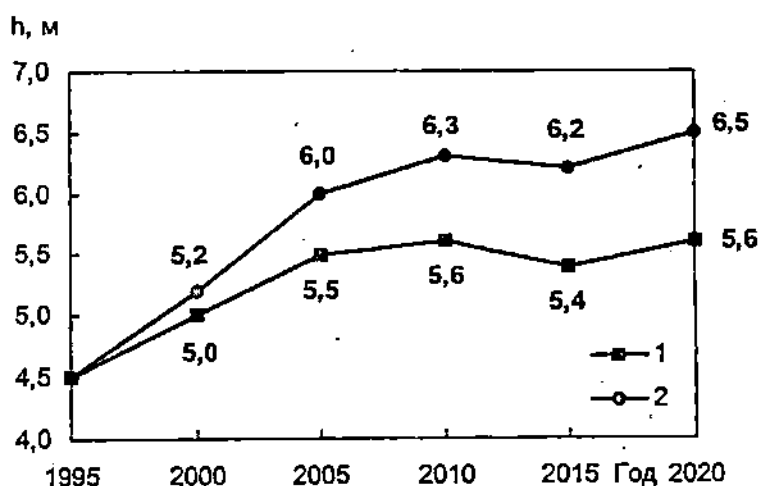


Рис. 4. Прогноз изменения глубины сезонно-талого слоя h в льдистых, рыхлообломочных отложениях Заилийского Алатау (высота 3337 м абс.): 1 - при естественной динамике климата; 2 - с учетом возможного глобального потепления.

Таким образом, при условии сохранения в будущем современного тренда климатических показателей, можно ожидать заметное изменение термического режима многолетней криолитозоны. Наиболее существенные преобразования могут произойти в грунтах с низким содержанием влаги, а также в подпоясах островного и прерывистого распространения мерзлых пород (2700-3600 м). У нижней границы этих высотных зон будет наблюдаться исчезновение небольших по площади островов мерзлоты, другие уменьшатся в размерах. В итоге произойдет увеличение абсолютных высот нижней границы распространения многолетней мерзлоты, которое к 2020 г. может составить около 200-250 м.

Решение подобных задач может быть использовано для оценки преобразования высокогорной криолитозоны в целом. Этот подход

предусматривает создание мелкомасштабных геокриологических прогнозных карт, отражающих региональные закономерности изменения таких параметров, как мощность мерзлых пород, высотная граница их распространения, глубина залегания кровли мерзлоты, мощность слоя сезонного оттаивания и промерзания, направленность процесса. В соответствии с этим появляется возможность определить тенденции и характер развития мерзлотно-геологических процессов и явлений, а также связанных с ними ландшафтно-геоморфологических изменений.

Автор выражает признательность А.В. Кусакину и В.П. Горанскому, сотрудникам Государственного Астрономического Института им. Штернберга, и М. Брегеру (M. Breger), Астрономический Институт в Вене, за любезно предоставленные программы, реализующие методы спектрального оценивания, а так же за критические замечания в процессе дискуссии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешинская Э.В., Мельникова А.П. История растительности и климата Северного Тянь-Шаня в голоцене (по палинологическим данным) // Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена. - М.: Наука, 1989. - С. 131-138.
2. Борщева Н.М. Реконструкция осадков холодного периода в Заилийском Алатау дендрохронологическими методами // Ледники, снежный покров и лавины в горах Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1989. - С. 126-132.
3. Дзердзеевский Б.Л. Флюктуации климата и проблема сверхдолгосрочного прогноза // Изв. АН СССР. Сер. геогр. - 1968. - № 5. - С. 43-55.
4. Дроздов О.А., Григорьева А.С. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. - Л.: Гидрометеоиздат, 1971. - 158 с.
5. Ершов Э.Д., Максимова Л.Н., Медведев А.В. Комплексная методика определения верхних граничных условий для целей геокриологического прогноза (на геологические и исторические отрезки времени) // Материалы первой конференции геокриологов России. - Т.2 - М., 1996. - С. 292-308.
6. Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д. Изменения регионального климата, обусловленные природными факторами и антропогенным воздействием // Тезисы докладов Международной конференции "Высокогорные исследования: изменения и перспективы в XXI веке". - Бишкек, 1996. - С. 244.
7. Кондратьев К.Я. Новые тенденции в исследованиях глобального климата // Изв. РГО. - 1996. - Т.128, вып. 6. - С. 47-54.
8. Миланкович М. Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. - М.-Л.: ГОНТИ, 1939. - 207 с.

9. Моисеенко Б.Д., Самарский А.А. Экономичная схема сквозного счета для многомерной задачи Стефана // Вычислительная математика и математическая физика. - 1965. - Т.5, № 5. - С. 816-827.
10. Предстоящие изменения климата. (Совместный советско-американский отчет о климате и его изменениях). - Л.: Гидрометеопиздат, 1991. - 271 с.
11. Соломина О.Н. Ледники и климат Средней Азии за последние 2000 лет // Материалы гляциологических исследований. - 1995. - Вып. 79. - С. 69-75.
12. Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press. - 1995. - 467 p.
13. Currie R.G. Solar Cycle Signal in Air Temperature in North America: Amplitude, Gradient, Phase and Distribution // J. Atmos. Sci. - 1981. - Vol.38. - P.808-818:
14. Deeming T.J. Fourier Analysis with Unequally-Spaced Data // Astrophysics and Space Science.- 1975. - V.36. - P.137-158.
15. Gorbunov A.P. The Warming of Permafrost of the Tien Shan // Global Changes and Geography, Moscow. - 1995. - P.125.
16. King L., Gorbunov A.P. and Evin M. Prospecting and Mapping of Mountain Permafrost and Associated Phenomena // Permafrost and Periglacial Processes.- 1992. - Vol.3. - P.73-81.
17. Mountain Permafrost and Climatic Change / W.Haerberli, C.Guodong, A.P. Gorbunov, S.A. Harris // Permafrost and Periglacial Processes. - 1993. - Vol.4. - P.165-174
18. Permafrost and Vegetation Response to Global Warming in North Eurasia / A.A. Velichko, O.K. Borisova, E.M. Zelikson, V.P. Nechayev // Biotic Feedbacks in the Global Climatic System. New York. Oxford. Oxford Univ. Press. - 1995. - P.134-156.
19. Wang B., French H.M. Climate Controls and High-Altitude Permafrost, Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau, China // Permafrost and Periglacial Processes. -1994. - Vol. 5. - P.87-100.

Международный центр геоэкологии гор
аридных районов МН-АН РК

КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУІНЕ БАЙЛАНЫСТЫ ІЛЕ АЛАТАУЫНДА ҚАТЫП ҚАЛҒАН ЖЫНЫСТАРДЫҢ ЖЫЛУЛЫҚ КҮЙІН БОЛЖАУ ТУРАЛЫ

С.С. Марченко

Іле Алатауының орта бөлігінде жылдық орташа ауа температурасы өзгеруінің болжамы берілген. Сандық үлгілеу әдісімен биіктаулық криолитозонның жылулық күйіне және 2020 жылға дейінгі оның таралу шекарасының өзгеруіне баға берілді.

УДК 551.311.8:551.583(235.216)

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА НА СЕЛЕФОРМИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ

Р.К. Яфязова

Рассмотрены изменения селеформирующих факторов при колебании климата на примере бассейна р. М. Алматинки, расположенного на северном склоне Заилийского Алатау. Показано, что потепление климата на 3⁰С потребует кардинального пересмотра стратегии и тактики защиты населения и объектов хозяйственной деятельности от селевых потоков.

Климат является определяющим фактором многих природных явлений, носящих катастрофический характер. Его влияние на стихийные явления в основном обусловлено изменениями характеристик метеорологических величин. Селевые явления - многофакторные процессы, главными из которых, как известно, являются климатический, гидрологический, геоморфологический, геологический и гляциологический факторы. Влияние климатического фактора на селевые процессы в горных системах, где существовало или существует оледенение, проявляется не только вследствие изменения характеристик метеорологических величин. Колебания температуры приводят к существенной перестройке оледенения горных систем. Ее уменьшение ведет к понижению высоты климатической снеговой линии, увеличению размеров ледников. Вследствие этого площади водосборов селевых бассейнов могут сокращаться в несколько раз, в меньшей мере уменьшаться средние уклоны очагов селеобразования.

Рассмотрим изменение селеформирующих факторов при колебании климата на примере бассейна р. М. Алматинки, расположенного на северном склоне Заилийского Алатау. Известно, что на протяжении четвертичного периода климат претерпевал значительные изменения. Судя по содержанию изотопа кислорода O^{18} в керне глубоководных осадков из Тихого океана [5], среднегодовая температура опускалась ниже современной на 11-13⁰С, а поднималась на 1-3⁰С. Столь значительные изменения среднегодовых температур не могли не отразиться и на климате Заилийского Алатау [2]. Свидетельством этому являются остатки древних морен на высоте 1700-1800 м. Если считать, что температурный градиент мало зависит от климата и принять его равным 0,6⁰С на 100 м, то положение ледника на высоте 1700-1800 м соответствует понижению температуры на 10,2⁰С по сравнению с современным значением. Эта величина хорошо

согласуется с упомянутой выше минимальной температурой, которая была определена из изотопного соотношения.

В результате геофизических исследований, выполненных в ходе Международного геофизического года, под ледн. Центральный Туоксуйский обнаружены рыхлообломочные отложения, мощность которых составляет более сотни метров [1]. Эти отложения не могут быть донными моренами ледн. Центральный Туоксуйский, так как мощность донных морен должна быть одного порядка с размерами наиболее крупных частиц, входящих в их состав, т.е. 5-10 м. Рыхлообломочные толщи мощностью в сотни метров образуются при формировании конечных морен отступающих ледников. Мощность таких морен при определенных скоростях отступления ледников и поступления рыхлообломочного материала, который транспортируется ими, соизмерима с мощностью ледников. При относительно быстром отступании ледников образующиеся рыхлообломочные отложения могут иметь мощности, значительно меньшие, чем ледников. Однако при неоднократном оледенении и незначительном выносе наносов в межледниковые периоды возможно превышение суммарной мощности наносов над мощностью ледников.

В период наступания ледников вероятность формирования селей гляциального генезиса мала, так как отсутствуют предпосылки для образования озер и емкостей моренно-ледниковых комплексов. Известно, что образование и развитие ледниковых озер занимает период 50-100 лет. Условия, благоприятные для этого, имеются лишь в области, прилегающей к языку ледника. При наступании ледников эти области, с образующимися озерами и емкостями, перемещаются в область таяния быстрее, чем успевают развиться селеопасные озера. В этот период главную роль в выносе наносов играют сели дождевого генезиса, однако и их масштабы уменьшаются вследствие соответственного изменения площадей водосборов, уклонов областей формирования селей; существенно изменяются и характеристики стокообразующих поверхностей.

При формировании мощных селей, когда длительность селевого процесса превышает время концентрации стока, площадь водосбора, в первом приближении, определяется как площадь бассейна за исключением площади оледенения. Если принять, что в условиях максимально холодного климата разница высот между концом ледника и границей выпадения осадков в жидком виде была близка к ныне существующей, то площадь водосбора осадков, выпадающих в жидком виде, была около 45 км^2 , т.е. в 2,7 раза меньше современного значения.

Резко уменьшалось и превышение водосборов над тальвегами русел, где концентрировался сток и, как результат, значительно сокращались их длины, а также, что особенно важно для селеобразования, - уклоны русел малых порядков, в которых могло происходить насыщение водных потоков твердой составляющей.

Быстро достигая русла р. М. Алматинки или ее крупных притоков, образующаяся смесь распадается, происходит отложение относительно крупных частиц, либо их передвижение путем качения со скоростями, значительно меньшими средних скоростей движения смесей, в которых твердые фракции перемещаются во взвешенном состоянии. Это приводит к увеличению количества крупных частиц в придонном слое, препятствующих эрозионным процессам в основных руслах.

Вероятность образования селеформирующих паводков снижалась и за счет изменения характеристик стокообразующих поверхностей, определяющих возможность селеформирования. В условиях современного климата мощные сели дождевого генезиса образуются в результате выпадения ливневых осадков в зоне 3000-3700 м, представленной в основном скалами и склоновыми отложениями. Если коэффициент стока на скалах близок к единице, то на склоновых отложениях он зависит от физико-механических характеристик отложений, наличия и вида растительного покрова, предварительного увлажнения. Коллювий, образующийся в высотной зоне 3000-3700 м, в условиях современного климата обладает фильтрацией, близкой к провальной. Благодаря этому создаются условия для накопления воды в толщах 2-5 м и, в конечном счете, сдвига водонасыщенных массивов. В процессе движения грунты разжижаются, образуя грязекаменные потоки, дающие начало селевым процессам в руслах временных и постоянных водотоков.

Мощные сели дождевого генезиса формируются в Заилийском Алатау при выпадении интенсивных и достаточно продолжительных осадков. Ливневые осадки должны выпадать во всех высотных зонах в жидком виде. Продолжительность осадков должна превышать время концентрации стока в речной сети III-IV порядков. В этом случае практически весь речной сток трансформируется в грязекаменную массу. В высокогорной зоне интенсивность выпадающих осадков должна быть такой, чтобы концентрирующийся в подземных каналах рытвин сток осуществлялся в напорном режиме. В этом случае происходит обводнение рыхлообломочных пород, вмещающих каналы стока, до состояния, при котором происходит их сдвиг [6].

Анализ условий возникновения селей дождевого генезиса в высокогорной зоне Заилийского Алатау указывает на то, что продолжительность селеформирующих осадков превышает 40-60 мин при интенсивности осадков не менее 0,3-0,5 мм/мин. Ливневые осадки с подобными характеристиками бывают ежегодно, однако в очагах селеформирования они выпадают, в подавляющем числе случаев, в твердом виде. Понижение фирновой линии до 2000-2100 м приводит к тому, что стокообразующими поверхностями становятся склоны, обладающие развитым почвенным и растительным покровом, что в корне меняет условия стокообразования. Наличие почвенного покрова препятствует накоплению влаги в нижележащих толщах

рыхлообломочных пород, уменьшая вероятность сдвиговых селевых явлений и, тем самым, возможность образования грязекаменных селей в руслах водотоков, движущихся на относительно малых уклонах. Ледниковые периоды характеризуются холодным и сухим климатом. В эти периоды вынос наносов был крайне незначительным и, следовательно, отсутствовали крупные паводки, сели дождевого и гляциального генезисов.

Особенности механизмов образования аллювиальных и пролювиальных конусов выноса [7] позволяют с очень высокой степенью достоверности утверждать, что в течение наиболее мощного ледникового периода, известного в Европе как Днепровское оледенение, вынос аллювия, а тем более вынос селями грязекаменных масс на конусы выноса, расположенные на предгорной равнине, практически не имел место. Доказательством этому является наличие лесса на поверхности селевых отложений на конусах выноса. Известно, что водные потоки движутся на конусах выноса в руслах, сформированных постселевыми паводками. Если бы вынос аллювиальных отложений в период накопления лесса был значительным, то постселевое русло заполнялось бы аллювиальными отложениями. В результате этого водный поток смещался бы влево или вправо относительно постселевого русла, размывая и унося лессовые отложения, накопившиеся на конусе выноса в межселевые периоды.

Если бы в период накопления лесса имели место сели, то при их прохождении потоки, не помещаясь в постселевых руслах, также смещались бы вправо или влево, разрушая лессовый покров. При этом на конусах выноса наблюдались бы селевые отложения, уровень которых имел высотные отметки большие, чем отметки селевых отложений, граничащих с лессовым покровом в створе наблюдения.

Изучение отложений на конусе выноса Заилийского Алатау показало, что ни та, ни другая ситуация на конусе выноса Заилийского Алатау не наблюдаются. Следовательно, можно утверждать, что в ледниковые периоды вынос наносов был крайне незначительным. Из последнего следует, что в обсуждаемом периоде отсутствовали значительные паводки дождевого и гляциального генезисов.

С потеплением климата, вследствие отступления ледников, создавались условия для образования моренных озер, прорыв которых приводил к формированию селей и выносу больших объемов наносов. В результате подъема климатической снеговой линии соответственно смещалась верхняя граница выпадения ливневых осадков в жидком виде, увеличивалась площадь водосбора, возрастала вероятность формирования селей дождевого генезиса. В первом приближении, объем наносов, вынесенный из бассейна р. М. Алматинка на конус выноса за последние 120-150 тыс. лет, близок к $0,5 \text{ км}^3$. Поскольку в четвертичном периоде в бассейне р. М. Алматинка было около 5-6 близких по масштабу оледенений, а объем ее конуса выноса оценивается в $2,5 \text{ км}^3$,

можно сделать вывод о правильности оценки объема выноса наносов за верхнечетвертичный период.

Климат конца XX века, с учетом того, что в середине прошлого столетия закончился Малый ледниковый период, а перестройка селеформирующих факторов, вследствие инерционности, занимает несколько десятилетий, наиболее благоприятен для селевой деятельности. В настоящее время происходит практически повсеместное отступление ледников, сопровождающееся образованием на последних западных, каровых и провальных озер. В то же время размеры ледников сократились незначительно по сравнению с размерами, имевшими место в конце Малого ледникового периода. Следовательно, размеры формирующихся западных озер могут иметь практически максимальные для климата голоцена значения. Наибольшие размеры могут иметь и озера карового типа, поскольку в большинстве случаев концы ледников, забронированные моренными отложениями, оторвались от ледников и при этом образовались емкости, заполнение которых может привести к образованию озер и их катастрофическому прорыву [4].

Благоприятными могут считаться условия и для образования селей дождевого генезиса в высокогорной зоне. При современном положении климатической снеговой линии вероятность выпадения в высокогорной зоне ливневых осадков в жидком виде возросла до значений, при которых можно ожидать формирования мощных селей дождевого генезиса один раз в 25-50 лет в каждом из крупных селевых бассейнов.

Изменение селевой активности в зависимости от средней температуры воздуха схематически изображено на рисунке. Если условно показать изменение климата в виде синусоиды, то активность гляциальных селей максимальна при повышении температуры (в степени, достаточной для того, чтобы ледники отступали) в период наибольшего распространения оледенения. С сокращением площади оледенения максимальные характеристики селей уменьшаются, с исчезновением оледенения сели гляциального генезиса прекращаются.

Сели дождевого генезиса максимальны, когда оледенение практически исчезает. Этому способствует как максимум площади водосбора, так и то обстоятельство, что очагами селя становятся наиболее крутые участки рельефа, покрытые мощным слоем несвязных рыхлых пород.

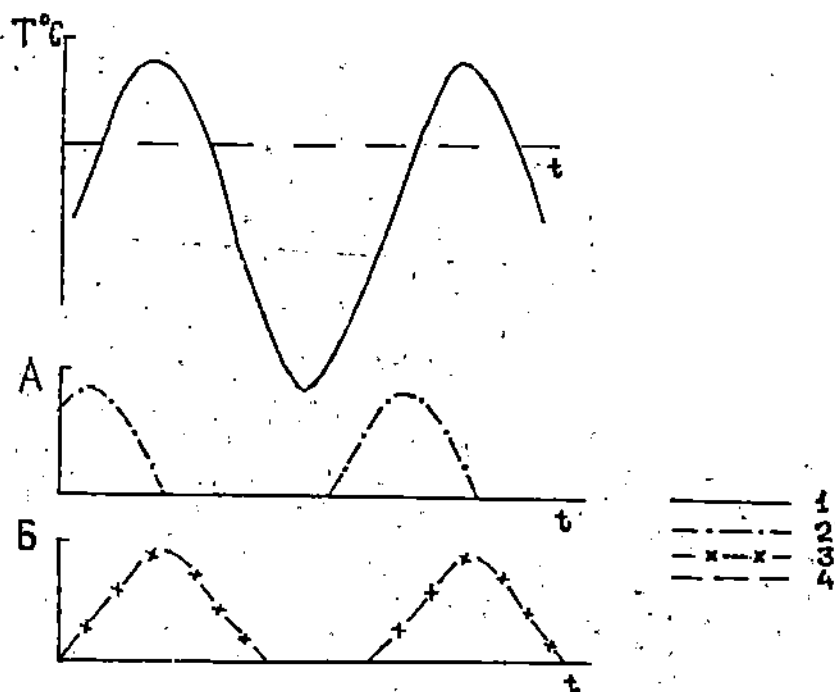


Рис. Гипотетическая схема изменения селевой активности во времени (t) в зависимости от глобальной температуры воздуха.

1 - изменение глобальной температуры воздуха, T ; 2 - активность гляциальных селей, A ; 3 - активность селей дождевого генезиса, B ; 4 - значение температуры в настоящее время.

Прогнозируемое потепление климата на 4-5 °C в летний период [3] может существенно повлиять на селевую активность на северном склоне Заилийского Алатау. При увеличении температуры на 3 °C положение климатической снеговой линии поднимется на 400-500 м, это приведет практически к полному исчезновению каровых ледников, и, следовательно, условий для образования озер карового типа. Размеры долинных ледников значительно сократятся, произойдет распад ледниковых систем. Несмотря на то, что общая площадь оледенения уменьшится, вероятность формирования и масштабы селевых явлений в ближайшие десятилетия, скорее всего, возрастут. Причиной тому станет увеличение числа прорывоопасных озер на ледниках, образовавшихся в результате распада оледенения, существующего в настоящее время.

Значительно возрастет вероятность формирования селей дождевого генезиса. Это объясняется тем, что в результате потепления во всей высокогорной зоне, характеризующейся наибольшим средним уклоном, в которой скопилось большее количество рыхлообломочных пород, станет возможным выпадение ливневых осадков в жидком виде.

Провальная фильтрация, характерная для упомянутых отложений, будет способствовать аккумуляции воды в рыхлой толще, создавая условия для реализации сдвиговых селевых процессов. Поскольку площади водосборов примут максимальные значения, а запасы рыхлообломочных пород в моренах отступивших ледников практически неограничены, характеристики селей дождевого генезиса (объемы, расходы) будут иметь максимально возможные значения.

Существенные изменения селевой активности в результате потепления климата требуют кардинального пересмотра стратегии и тактики защиты населения и объектов хозяйственной деятельности. Основным направлением борьбы с селями должны стать превентивные мероприятия, направленные на предотвращение селевых явлений или уменьшения их объемных и расходных характеристик. К таким мероприятиям относятся искусственное опорожнение моренных озер и активное воздействие на характеристики осадков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровинский Б.А. Электроразведочные работы на морене Малоалматинских ледников // Гляциологические исследования в период МГГ: Заилийский и Джунгарский Алатау. - Алма-Ата: АН КазССР, 1961. - Вып. I. - С. 113-135.
2. Герасимов В.А. О следах древнего оледенения в Заилийском Алатау // Гляциологические исследования в период МГГ: Заилийский и Джунгарский Алатау. - Алма-Ата: АН КазССР, 1961. - Вып. I. - С. 150-169.
3. Долгих С.А., Пилифосова О.В. О методах оценки ожидаемых изменений глобального климата и сценарии изменения климата Казахстана // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 4. - С. 94-109.
4. Медеуов А., Колотилин Н.Ф., Керемкулов В.А. Сели Казахстана. - Алматы: Галым, 1993. - 160 с.
5. Монин А.С., Шишков Ю.А. История климата. - Л.: Гидрометеоиздат, 1979. - 408 с.
6. Степанов Б.С. К проблеме прогноза опасных гидрометеорологических явлений // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 2. - С. 161-174.
7. Яфязова Р.К. Особенности механизмов формирования конусов выноса горных рек // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 2. - С. 175-187.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

СЕЛДІҢ ҚАЛЫПТАСУ ФАКТОРЛАРЫНА КЛИМАТТЫҢ ӘСЕРІ

Р.К.Яфязова

Іле Алатауының солтүстік беткейінде орналасқан кіші Алматы өзені мысалында сел қалыптасу факторларының өзгерісіне климаттың өзгеру әсері қарастырылды. Климаттың 3^0 С жылынуына байланысты сел тасқынынан шаруашылық объектілер мен халықты сақтау жолдарын және стратегияны қайта қарау маңызы көрсетілген.

УДК 551.345:551.583 (235.216)

ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В СЕВЕРНОМ ТЯНЬ-ШАНЕ В СВЯЗИ С ГЛОБАЛЬНЫМ ПОТЕПЛЕНИЕМ КЛИМАТА

Доктор геогр. наук	А.П. Горбунов
	С.С. Марченко
Канд. с.-х. наук	Э.В. Северский
Канд. геогр. наук	С.Н. Титков

Приводятся данные об изменении геокриологических условий Северного Тянь-Шаня за последние 20-25 лет. Сокращение площади оледенения, активизация гляциальных селей, повышение температуры мерзлых толщ, увеличение глубины сезонного протаивания, изменение динамики солифлюкционных процессов и возросшая скорость движения каменных глетчеров являются индикаторами тенденции потепления климата.

В последние десятилетия происходит заметное изменение геокриологических условий Тянь-Шаня и Памиро-Алая. Это реакция на потепление климата. Так, в альпийской зоне Северного Тянь-Шаня с 1938 по 1989 г. средняя годовая температура воздуха повысилась на $0,6^{\circ}\text{C}$, а средняя летняя - $0,9^{\circ}\text{C}$ [2]. Климатические изменения особенно заметно воздействуют на современное оледенение, площадь которого неуклонно сокращается, что ведет к активизации гляциальных селей. Изменения климата воздействуют также на динамику каменных глетчеров, солифлюкционных процессов, термокарстовых явлений и приводят к общему "потеплению" криолитозоны. К настоящему времени накопился фактический материал, который позволяет выявить основные тренды развития этих природных явлений.

Современное оледенение Тянь-Шаня и Памира-Алая. Анализ аэрофотоснимков различных лет свидетельствует, что площадь оледенения за период 1957-1980 гг. по Гиссаро-Алаю сократилась на 15,8 %, по Памиру - на 10,3 %, а по всему Памиро-Алаю - на 11,6 % [5]. По Заилийскому Алатау (Северный Тянь-Шань) в целом за период 1955-1979 гг. оледенение сократилось на 10,8 % [1]. Следует отметить, что при преобладании малых по размеру ледников их количество уменьшалось, а средних или крупных - увеличивалось вследствие дробления крупных ледников на более мелкие.

Гляциальные сели. Главную роль в генезисе этого многофакторного природного явления играют талые воды и термокарстовые

процессы на моренах. Отступление ледников ведет к высвобождению из-под льда мерзлых моренных толщ, которые после своего выхода на дневную поверхность начинают подвергаться активному воздействию термокарста и особенно термоэрозии. В результате воздействия этих процессов формируются термокарстовые просадки, внутриморенные тоннели и гроты различных размеров и конфигураций. Обрушение блоков мерзлых пород во внутриледниковых полостях, прорывы моренных озер ведут к внезапному выбросу больших водных масс, что предопределяет зарождение гляциальных селей.

Наблюдения за формированием селевых потоков с конца XIX века в Заилийском Алатау позволяют сделать вывод, что в долинах Малой и Большой Алматинок, Талгара гляциальные сели получили распространение, начиная с 40-50 годов текущего столетия, а до этого имели место сели преимущественно ливневого происхождения. Изучение селевых отложений в долине Есика применением радиоуглеродных и дендрохронологических методов определения возраста селевых выносов показало, что за последние 150 лет по долине Жарсая (левого притока Есика) прошло 4 гляциальных селя, причем 3 из них за период с 1958 по 1980 г., а в предшествующие 1000 лет отмечено всего 2 грязекаменных потока гляциального генезиса [3]. Этот пример наглядно иллюстрирует активизацию гляциальных селей с начала заметного сокращения оледенения хребта.

Криолитозона Северного Тянь-Шаня. Общеизвестен факт современного повышения температур приполярной криолитозоны. В последние два десятилетия зафиксировано "потепление" криолитозоны в Альпах и на Тибете. Сходная картина наблюдается во Внутреннем и Северном Тянь-Шане. В хребте Ак-Шийрак (Внутренний Тянь-Шань) за период с 1986 по 1992 г. температура в 14 скважинах, пройденных в многолетнемерзлых породах в диапазоне высот 3500-4200 м над уровнем моря, поднялась на 0,1-0,2 °С. Отметим, что средняя годовая температура воздуха во Внутреннем Тянь-Шане с 1930 по 1988 г. повысилась на 0,5 °С. В Заилийском Алатау на перевале Жусалыкезен в диапазоне абсолютных высот 3300-3340 м наблюдения по программе геотермического мониторинга криолитозоны проводятся с 1973 г. Анализ этих материалов за 23-летний период показывает, что в динамике температурного режима многолетнемерзлых пород присутствует закономерная составляющая повышение температуры (табл. 1).

Видно, что тренд повышения температуры мерзлой толщи в естественных условиях составил 0,2 °С за 23 года, а на территории, подверженной активной хозяйственной деятельности человека, 0,5 °С за тот же период.

Таблица 1

Температура горных пород на глубине годовых нулевых колебаний на перевале Жусалыкезен (Заилийский Алатау)

№ скважины	Местоположение скважины	Температура пород, °С, за периоды	
		1973-1977 гг.	1991-1996 гг.
1	Горизонтальная площадка, 9,5 м от отапливаемого помещения. Абс. высота 3337 м	-0,7	-0,2
2	Площадка с уклоном 10° на северо-восток, за пределами застроенной территории. Абс. высота 3328 м	-0,4	-0,2
14	Горизонтальная площадка, 3 м от отапливаемого помещения. Абс. высота 3337 м	-0,3	+0,2

В настоящее время мощность криолитозоны в этом месте не более 30 м, что на 5-10 м меньше ее значения в первоначальный период наблюдения в 1973-1975 гг. Кроме заметной деградации многолетне-мерзлых пород, потепление климата сопровождается исчезновением перелетков мерзлоты у нижней границы распространения криолитозоны.

Материалы наблюдений за температурным режимом и глубиной протаивания пород свидетельствуют за существенным их изменении за последние 23 года. Несмотря на значительные межгодовые колебания, общий тренд повышения средней годовой температуры пород, увеличение глубины сезонного протаивания и снижение мощности сезонно-мерзлого слоя отмечается в различных ландшафтно-фациальных условиях Северного Тянь-Шаня. Так, геотермические наблюдения в скважинах на перевале Жусалыкезен выявили значительное увеличение глубины сезонного протаивания (табл. 2).

Таблица 2

Глубина сезонного протаивания на перевале Жусалыкезен (Заилийский Алатау)

№ скважины	Глубина протаивания, м, за периоды		Разность в глубине протаивания, м
	1973-1977 гг.	1991-1996 гг.	
1	3,0	4,1	1,1
2	3,3	4,5	1,2
14	3,6	5,3	1,7

Таким образом, увеличение мощности сезонно-талого слоя составляет 1,1 м в зоне естественного протекания процессов и 1,2-1,7 м - в местах влияния человеческой деятельности. Увеличение глубины сезонного протаивания обусловлено в основном повышением температуры воздуха в теплый период. Так, средняя летняя температура за июнь - август на метеостанции Мынжилки, находящейся в соседней долине на абсолютной высоте 3017 м, повысилась с 6,4 °С за период 1938-1972 гг. до 7,3 °С за период 1973-1989 гг., т.е. на 0,9 °С [2].

Изменились и сроки промерзания сезонно-талого слоя. Если в 1973-1977 гг. полное промерзание сезонно-талого горизонта завершилось к концу декабря [4], то в настоящее время слияние мерзлоты происходит не ранее середины января. Зафиксированы случаи, когда время смыкания фронтов отодвигалось до третьей декады февраля, а в 1991 г. оно произошло только в середине апреля. В тот год, по данным наблюдений в скважине № 1, глубина протаивания достигла 5,2 м, а температура мерзлой толщи на глубине затухания годовых колебаний температур достигла наивысшей отметки за весь период наблюдений: минус 0,1 °С. Сроки слияния сезонной и многолетней мерзлоты варьируют в зависимости от режима снегонакопления и находятся обычно в пределах от одного до трех месяцев с начала промерзания в зоне, свободной от техногенных нагрузок.

Каменные глетчеры. Влияние колебания климата на каменные глетчеры выражается главным образом в изменении пластических свойств содержащегося в них льда, что ведет к увеличению или уменьшению скорости движения этих образований вследствие потепления или похолодания соответственно. Период инструментальных наблюдений за движением каменного глетчера Городецкого в Заилийском Алатау составляет 71 год - с 1923 по 1994 г. Скорость движения наиболее активной центральной части фронтального уступа приведена в табл. 3.

Таблица 3

Скорость движения центральной части фронтального уступа каменного глетчера Городецкого за период 1923-1994 гг.

Период наблюдений, годы	Скорость движения, см/год
1923-1946	90
1947-1960	80
1961-1977	85
1978-1985	90
1986-1994	110

Увеличение скорости движения каменного глетчера соответствует повышению средних годовых температур воздуха на этих абсолютных высотах с минус 2,2 °С в 1938-1970 гг. до минус 1,6 °С в 1971-1989 гг. Как отмечалось выше, еще больше возросла за этот период средняя летняя температура - на 0,9 °С. Последний показатель наиболее важен для динамики каменных глетчеров, поскольку именно в летний период формируются основные теплопотоки, влияющие на пластические свойства ледяных включений, и увеличивается количество незамерзшей воды, создающей дополнительную смазку в верхних горизонтах мерзлой толщи каменных глетчеров. Корреляция динамики каменного глетчера с изменением температур воздуха показала, что скорость его движения меняется вслед за изменением средней годовой температуры воздуха с запозданием на 5-7 лет.

Еще одним свидетельством потепления климата служит отмеченная за последние 15 лет активизация термокарстовых процессов на поверхности каменных глетчеров - еще один признак деградации мерзлоты. Вытаивание подземных льдов каменных глетчеров приводит к изменению их поверхности: образованию крупных термокарстовых провалов и возникновению озер, которые служат дополнительными источниками формирования селевых потоков. Подобные процессы на фронтальных уступах каменных глетчеров уже неоднократно были причиной возникновения небольших селей объемом до нескольких сотен кубометров.

Солифлюкционные процессы. Наблюдения за динамикой солифлюкционных процессов ведутся в Северном Тянь-Шане на протяжении последних 15-18 лет. В результате этих исследований выявлены некоторые закономерности динамики для закрытой (задернованной) и открытой (структурной) солифлюкции в связи с общими тенденциями изменения геокриологических условий.

В Заилийском Алатау, в бассейне р. Узункаргалы, на высотах 2900-3000 м скорости солифлюкционного движения поверхностного слоя почвы на задернованных склонах в одних и тех же пунктах наблюдений за последние 8 лет (с 1985 по 1993 г.) оказались в среднем в 2 раза ниже (45 мм/год), чем в начальный период наблюдений с 1978 по 1984 г. (97 мм/год). Видимо, это является следствием увеличения скорости сезонного протаивания и снижения тексотропных свойств грунтов, что приводит к ухудшению их пластичности. Подобная тенденция наблюдается и для открытой солифлюкции. В бассейне р. Большой Алматинки на высоте 3480 м средняя скорость солифлюкционного смещения за период 1975-1978 гг. составила 9 мм/год, а в последующие годы снизилась до 4 мм/год.

Приведенные данные об изменениях геокриологических условий Северного Тянь-Шаня за последние 20-25 лет позволяют сделать предположение о том, что при сохранении тренда повышения температур воздуха в ближайшие 20-25 лет в Северном Тянь-Шане на

высотах 3000-3300 м. начнется массовая деградация многолетней криолитозоны с развитием таких опасных явлений, как термокараст, термоэрозия, криогенные оползни и сходы, гляциальные сели. Это обстоятельство необходимо учитывать при перспективном планировании хозяйственных мероприятий в высокогорье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н., Макаревич К.Г., Поляков В.Г. Пространственно-временная изменчивость ледниковой системы Заилийского Алатау // Материалы гляциологических исследований. - 1993. - Вып. 76. - С. 90-94.
2. Волошина А.П., Головкова Р.Г., Макаревич К.Г. Летний баланс массы ледника Туоксу и его связь с метеорологическими показателями // Материалы гляциологических исследований. - 1992. - Вып. 75. - С. 122-134.
3. Горбунов А.П., Калмынкина Е.М. О повторяемости селей в Жарсае // Вестник МГУ. Сер. геогр. - 1975. - № 2. - С. 102-111.
4. Горбунов А.П., Немов А.Е. К исследованию температур рыхло-обломочных толщ высокогорного Тянь-Шаня // Криогенные явления высокогорий. - Новосибирск: Наука, 1978. - С. 92-99.
5. Щетинников А.С. Изменение размеров оледенения Памиро-Алая за 1957 - 1980 годы // Материалы гляциологических исследований. - 1993. - Вып. 76. - С. 77-83.

Международный центр геоэкологии
гор аридных районов МН-АН РК

КЛИМАТТЫҢ ЖАЛПЫ ЖЫЛУЫНА БАЙЛАНЫСТЫ СОЛТҮСТІК ТЯНЬ - ШАНЬДА ГЕОКРИОЛОГИЯ ЖАҒДАЙЫНЫҢ ӨЗГЕРУІ

Геогр. г. докторы А.П. Горбунов
С.С. Марченко
Ауыл-ш. г. канд. Э.В. Северский
Геогр. г. канд. С.Н. Титков

Кейінгі 20 - 25 жылда Солтүстік Тянь - Шаньның геокриологиялық жағдайлары туралы деректер келтірілді. Мұздану алаңының кішіреюі, гляциалдық селдердің күшеюі, мұзданған қабаттар температурасының жоғарылуы, тереңдікте мезгілдік ерудің ұлғаюы, со-лифлюкциондық процесстер динамикасының өзгеруі және тас глетчерлер қозғалысының өршіген жылдамдығы климаттың жылу тенденциясының индикаторы болып табылады.

УДК 551.510.42+523.58

**МОДЕЛЬ ПЛОСКОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ АЭРОЗОЛЯ И
ОЦЕНКА ГЕНЕРАЦИИ ЕГО МАССЫ КОНВЕКТИВНЫМИ
ДВИЖЕНИЯМИ**

Канд. физ.-мат. наук О.Е.Семенов

Уточнено решение полуэмпирической модели генерации аэрозоля конвективными движениями. Получены средние многолетние оценки массы тропосферного аэрозоля над основными пустынями Казахстана.

В нижней тропосфере, где находится до 90 % атмосферного аэрозоля, на долю частиц антропогенного происхождения приходится не более 10 %. Около 30-40 % составляют солевые частицы морского происхождения и примерно столько же - аэрозоли, генерированные поверхностью Земли бурями и конвективными движениями. Минеральный аэрозоль почвенно-эрозионного происхождения считается одним из важнейших компонентов атмосферы и в аридных регионах достигает от 50 до 80 % (по массе) полного количества сухого аэрозоля в атмосфере [2]. Основным источником этого аэрозоля являются пустыни, занимающие около 30 % территории суши. При современном развитии процессов опустынивания увеличивается поступление аэрозолей в атмосферу. С другой стороны, аэрозоль сам является причиной климатического развития процессов опустынивания и увеличения дискомфорта климата на окружающих территориях. Он влияет на радиационные и микрофизические свойства воздушных масс, поглощает и рассеивает солнечную радиацию, уменьшает ее приход к поверхности Земли и изменяет спектральный состав. Во время пыльных бурь отмечается снижение приземной температуры воздуха днем и повышение ночью, происходит уменьшение суточной амплитуды температуры на 15-20 °С, до 30 % уменьшается поток прямой солнечной радиации, понижается температура почвы. Снижение температуры почвы и приземного воздуха, изменение спектрального состава солнечной радиации ведет к увеличению сроков созревания сельскохозяйственных культур, что отмечено китайскими учеными [3]. Таким образом, аэрозоль активно влияет на формирование региональных климатов аридных областей и Земли в целом, на хозяйственную деятельность и здоровье [2, 3, 5, 6].

Тропосферный аэрозоль пустынного происхождения оказывает воздействие на локальный и региональный климат, особенно в экстремальных условиях пыльных (песчаных) бурь. Несомненно его влияние

и на глобальные изменения климата. Однако выполнить корректную оценку воздействия аэрозоля на климат чрезвычайно сложно. Пространственно - временная изменчивость характеристик аэрозоля настолько велика, а данные наблюдений в такой степени фрагментарны, что пока еще невозможны достаточно достоверные оценки мощности глобальных и региональных источников аэрозоля.

Поверхность почвы и растительность являются плоскостным источником поступления аэрозолей в атмосферу не только при бурях, но и за счет вертикальных конвективных движений воздуха. Этот механизм подъема аэрозолей в атмосферу и последующего осаждения на поверхность исследовался А.Ф. Ковалевым в различных географических зонах, в том числе для полупустынных условий Средней Азии [4]. Наблюдения за временным ходом оптической толщи атмосферы (τ) и отбор проб аэрозоля позволили ему проследить за суточной динамикой поведения в атмосфере поднятого с поверхности земли аэрозоля. Оптическая толщина атмосферы росла с 8 часов до 16 часов, а затем начинала уменьшаться, достигая минимума к 24 часам. Рост τ утром и днем сопровождался увеличением содержания аэрозоля в пограничном слое атмосферы. Уменьшение τ после 16 часов объясняется началом обратного процесса - стока ранее поднятого аэрозоля из атмосферы на подстилающую поверхность. Как отмечено О.Д. Бартьевой с соавторами, в послеполуденное время в пустыне начинается выхолаживание поверхности почвы, т.к. нагрев ее за счет притока коротковолновой радиации делается в энергетическом отношении меньше собственного длинноволнового теплового излучения [6]. Выхолаживание поверхности зависит от прозрачности атмосферы и оказывается тем больше, чем она выше. Часть аэрозоля, по наблюдениям Ковалева, не успевала седиментировать на поверхность из-за развития мощных приземных инверсий температуры. По данным серии измерений длительностью 3-5 суток наблюдалось ежедневное увеличение значения τ на 5-10 % относительно предыдущих суток. После вторжения новых воздушных масс и осадков оптическая толщина атмосферы значительно уменьшилась из-за уноса и вымывания аэрозолей. Исследования Ковалева показали, что наряду с эоловыми процессами по подъему частиц почвогрунтов в атмосферу действует практически ежедневный процесс подъема аэрозолей в атмосферу в часы с положительным значением радиационного баланса подстилающей поверхности (R) и стока его на землю в часы с отрицательными величинами.

При создании модели плоскостных источников генерации пыли конвективными движениями естественно предположить, что приращение массы аэрозоля в приземном слое атмосферы в единицу времени пропорционально массе частиц M , участвующих в процессе подъема в

атмосферу, и приращению величины радиационного баланса подстилающей поверхности, т.е.

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

Решение уравнения (1) с учетом эффекта накопления аэрозоля в атмосфере можно представить в виде

$$M = M_0 \cdot \exp(R/R_0) (1 + 0,05)^{n-1}, \quad (2)$$

где M_0 - масса аэрозоля в столбе атмосферы в начальный момент процесса конвективного подъема, R_0 - минимальная часовая сумма радиационного баланса, при котором возможен подъем аэрозолей конвекцией, n - продолжительность естественного синоптического периода. Последний множитель уравнения (2) учитывает эффект накопления аэрозоля в атмосфере из-за неполного его выпадения на поверхность в часы с отрицательным балансом. По данным климатических справочников и результатам измерений Ковалева были получены оценки параметров формулы (2). Часовая сумма R_0 оказалось равной $0,35 \text{ Мдж м}^{-2}$, $M_0 = 0,72 \cdot 10^{-3} \text{ г м}^2$ [8].

Привлекая наблюдения метеостанций за радиационным балансом, можно рассчитывать по этой простой полуэмперической модели поступление массы аэрозолей в атмосферу из аридных климатических зон как за короткие естественные синоптические периоды, так и осредненные за большие промежутки времени. В последнем случае расчетную формулу (2) целесообразно упростить за счет отказа от учета эффекта накопления, отбросив множитель $(1 + 0,05)^{n-1}$.

Для определения масштабов поступления аэрозолей в нижние слои тропосферы выполнены расчеты для пустынной зоны Приаралья и Южного Прибалхашья по средним многолетним данным метеостанций Аральское Море, Тахиаташ и Айдарлы. Получены средние многолетние суточные значения и годовой ход месячных сумм массы аэрозоля в столбе атмосферы с основанием один квадратный метр. Суммарные средние годовые поступления достигают $44,6 \text{ г/м}^2$ на М Аральское Море, $79,15 \text{ г/м}^2$ - на М Тахиаташ и $52,8 \text{ г/м}^2$ - на М Айдарлы [8].

Полученные значения указывают на уменьшение генерации аэрозоля с увеличением географической широты местности вследствие уменьшения значения величины R . Поэтому при оценке генерации массы аэрозоля конкретной пустыней необходимо привлечение не только информации об их площадях, но и выбор значения величины M в соответствии с географическим ее местоположением. В таблице приведены средние многолетние оценки генерации аэрозоля в пустынях юга и юго-востока Казахстана.

Значения масс аэрозоля, поднимаемого в атмосферу конвективными движениями в пустынях Казахстана

Пустыня	Площадь пустыни, км ²	Масса аэрозоля, млн т/год
Кызылкумы	$3,0 \cdot 10^5$	23,7
Приаральские Каракумы	$3,5 \cdot 10^4$	1,6
Бетпак- Дала	$7,5 \cdot 10^4$	3,8
Сарыесикотрау	$2,4 \cdot 10^4$	1,3
Таукумы	$8,0 \cdot 10^3$	0,4
Пески междуречья Каратала и Лепсы	$2,0 \cdot 10^4$	1,1
Моинкум	$4,0 \cdot 10^4$	2,1

Расчет массы аэрозоля для пустыни Кызылкумы проведен по данным станции Тахиаташ ($\varphi \approx 42^\circ$ с.ш.); для Приаральских Каракумов - по М Аральское Море ($\varphi \approx 47^\circ$ с.ш.); для остальных пустынь - по М Айдарлы ($\varphi \approx 44^\circ$ с.ш.). Площади пустынь взяты из источников [1, 7]. Следует заметить, что общая площадь пустынь Южного Прибалхашья примерно равна $7 \cdot 10^4$ км², что несколько превышает суммарную площадь песков Таукум, Сарыесикотрау и песков междуречья Лепсы-Каратал. Поэтому в Южном Прибалхашье средняя многолетняя годовая генерация аэрозоля достигает 3,7 млн т. Суммарная масса аэрозоля, поднимаемого за год со всех приведенных (см. таблицу) пустынь Казахстана, достигает весьма значительной величины (34 млн т).

Исследования показали, что минеральный аэрозоль в пустынных зонах и на прилегающих к ним территориях - важный и постоянный фактор, влияющий на радиационный климат. Полученная простая модель позволяет рассчитывать генерацию аэрозоля за счет конвективных процессов. Уточнение параметров модели для конкретных географических районов позволит более корректно оценить источники поступления аэрозоля в нижние слои тропосферы и следить за динамикой потоков частиц из пустынь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы гидрометеорологии озера Балхаш и Прибалхашья / Под ред. И.И. Скоцеляса. - СПб.: Гидрометеоиздат, 1995. - 269 с.
2. Аэрозоль и климат / Под ред. К.Я. Кондратьева. - Л.: Гидрометеоиздат, 1991. - 541 с.

3. Голицын Г.С., Шукуров А.Х. Температурные эффекты пылевого аэрозоля на примере пыльных бурь Таджикистана // Доклады АН СССР. - 1987. - Т.297, № 6, - С. 1334 - 1337.
4. Ковалев А.Ф. Некоторые характеристики поверхности земли как источника атмосферного аэрозоля // Тр. ИЭМ. - 1990. - Вып. 51(142). - С. 83 - 87.
5. Об охлаждении приземного слоя воздуха вследствие пылевого замутнения атмосферы / Г.С. Голицын, А.Х. Шукуров, С.Ф. Абдуллаев, Б.И. Назаров // Советско-американский эксперимент по изучению аридного аэрозоля. - СПб., 1992. - С. 56 - 63.
6. Прозрачность толщи атмосферы в видимой и ближней ИК-области спектра / О.Д. Бартеньева, Н.И. Никитинская, Г.Г. Сакунов, Л.К. Веселова. - Л.: Гидрометеоиздат, 1991. - 224 с.
7. Пустыни / А.Г. Бабаев, Н.Н. Дроздов, И.С. Зонн, З.Г. Фрейкин. - М.: Мысль, 1986. - 319 с.
8. Семенов О.Е. Радиационнобалансовая модель плоскостных источников пыления поверхностей и оценка фоновых сухих выпадений // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 2. - С. 38 - 43.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

АУА ТОЗАҢЫНЫҢ ЖАЗЫҚТЫҚ ҚАЙНАР ҮЛГІСІ МЕН ОНЫҢ САЛМАҒЫНЫҢ КОНВЕКТИВТІК ҚОЗҒАЛЫСТАРМЕН ҚОЗҒАЛУЫН БАҒАЛАУ

Физ-мат. ғ. канд. О.Е. Семенов

Конвективтік қозғалыстармен болатын біртекті ауа тозаңының жартылай эмпириялық үлгісінің шешімі толықтандырылды. Қазақстанның негізгі шөлдеріндегі атмосфераның төменгі қабатындағы (тропосфераның) тозаң салмағының көпжылғы орташа бағасы алынды.

УДК 551.465.75 : 551.58 (262.81-18)

**ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ
НА СГОННО-НАГОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ У
КАЗАХСТАНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ**Канд.техн.наук
Канд.геогр.наукС.П. Шиварева
М.А. Мурадов
Н.И. Ивкина
Т.П. Строева
Н.Н. Щеголева
Е.И. Васенина

На основе материалов наблюдений за уровнем воды и ветром на Северном Каспии выделено 400 случаев нагонов, описаны особенности ветрового режима. Изложены результаты расчетов гидрографа уровня воды в период нагона с применением гидродинамической модели MIKE-21. Метод расчета можно использовать для осуществления мероприятий по берегозащите и выявления наиболее уязвимых локальных зон возможного затопления побережья, в том числе и в случае повышения фонового уровня моря при глобальном потеплении климата.

Сильные ветры, малые глубины и уклоны дна и суши у казахстанского побережья Каспийского моря способствуют развитию значительных сгонно-нагонных колебаний уровня воды. В современных условиях при высоком уровне Каспия нагоны более 40 см вызывают затопление прибрежных территорий, нанося огромный ущерб хозяйственным объектам и нарушая экологическое равновесие Северо-Восточного Каспия. Ветровые сгонно-нагонные колебания уровня являются наиболее существенными для казахстанского побережья Северного Каспия. Самые значительные нагоны и сгоны образуются на северо-восточном и восточном побережье - от Мартышечьей косы до мыса Бурунчук [4]. Их размах может ежегодно достигать 2,5 м, а максимальные значения, у Жилой косы в устье р.Эмба и в зал. Комсомолец - до 5 м (3 м нагон плюс 2 м сгон).

Характеристики сгонно-нагонных колебаний уровня Северного Каспия определяются ветром, глубиной, морфологическими особенностями дна и берегов, наличием надводной и подводной растительности, ледяным покровом и стоком реки (в устье). Ветер, дующий в сторону мелководного берега, вызывает нагон, а с берега-сгон. По повторяемости ветров ≥ 15 м/с можно проследить динамику

значительных нагонов и сгонов в многолетнем разрезе. Например, заметна тенденция увеличения повторяемости сильных ветров в период 1947-1958 гг. и уменьшение после 1958 г. Следует ожидать, что в период усиления циклонической деятельности колебания уровня будут возрастать, а при антициклональной - убывать. С уменьшением глубины моря рост уровня в период нагона на единицу расстояния увеличивается, в особенности на мелководье, вплоть до глубин, где уже не может образовываться компенсационное течение. Наличие бара приводит к сужению потока и резкому подъему уровня. За ярко выраженным устьевым баром нагоны быстро затухают. Значительная протяженность мелководья увеличивает рост уровня при нагоне и зону с минимальными его значениями при сгоне, но уменьшает проникновение нагонов в устье реки. Подводные и надводные формы рельефа также влияют на характеристики нагонов. В вершинах подводных заливов (ложбинах) влияние нагона всегда больше, чем у подводных мысов. Густая подводная и надводная растительность, а также ледяной покров, создавая дополнительное трение, препятствуют развитию сгонно-нагонных явлений. Речной сток в устьях рек при больших его значениях тоже является фактором, уменьшающим дальность проникновения нагонной волны в реку. Поэтому влияние сгонно-нагонных колебаний уровня в устьевых областях наиболее существенно в период межени и незначительно во время половодья.

Сгонно-нагонные колебания весьма разнообразны и отличаются друг от друга высотой, временем и интенсивностью изменения уровня на подъеме и спаде, наличием или отсутствием вторичных пиков при росте и падении уровня, характером пиков (ложбин) и т.д. Анализ материалов наблюдений за уровнем воды на МГ Остров Большой Пешной и Зюйдвестовая Шалыга за период 1940-1995 гг. позволил выделить около 400 случаев нагонов ≥ 40 см, 75 сгонов (с 1958 по 1992 год) и провести упрощенную их типизацию.

1. Непродолжительный (0,5-1,5 суток) нагон с крутым подъемом и спадом. Такие нагоны вызываются резким усилением ветра при постоянном эффективном его направлении.

2. Продолжительный нагон. На гидрографе уровня нагона наблюдается серия пиков, каждый из которых на ветви подъема, как правило, последовательно выше предыдущих по абсолютной отметке. Такая форма гидрографа продолжительного нагона обуславливается суточным ходом ветра, сменой направления в 1-2 срока, уменьшением или резким возрастанием его скорости в отдельные сроки. Чаще наблюдаются двухпиковые нагоны с максимальными отметками уровня близкими по значению.

3. Сгон с резким спадом и пологим подъемом уровня. Вызываются штормовыми ветрами при прохождении атмосферных фронтов. Падение уровня происходит за несколько часов, а подъем - за несколько суток.

4. Продолжительный сгон. Он развивается и затухает в течение нескольких суток. Интенсивность изменения уровня на спаде значительно больше, чем на подъеме. Такие сгоны вызываются продолжительными сгонными ветрами.

Большие нагоны обычно сопровождаются предварительной раскачкой водной поверхности предшествующим сгоном или небольшим нагоном. В первом случае, подъем уровня при последующем нагоне происходит суммарно за счет двух составляющих: восстановления уровня после сгона и ветрового нагона. В другом случае, маленький нагон выводит уровень из равновесия и через 1-2 суток наступает усиление ветра, формирующее большой нагон. Поэтому очень важно правильно выбрать отсчетный "нулевой" уровень при расчете высоты крупного нагона. Для расчета высоты нагона за отсчетный "нулевой" уровень принималось его значение при штиле или слабом ветре нейтрального направления, предшествовавшее началу явления. Пик нагона - это наивысший его уровень. Превышение наивысшего уровня над "нулевым" определяет высоту данного нагона. За окончание нагона принимается дата, когда прекращается нагонный ветер и уровень воды снижается до значения, близкого к "нулевому".

Особенности ветрового режима Северного Каспия определяются как синоптическими процессами регионального масштаба, так и местными термобарическими условиями. Характер воздействия последних обусловлен внутригодовыми изменениями основных параметров атмосферы и сезонными аномалиями повторяемости различных типов развития синоптических ситуаций в данном регионе. Необходимость исследования вполне определенных условий усиления ветра, то есть ветров, вызывающих нагоны, заставила провести селекцию ветровых данных. Исходная выборка представляла собой ежесуточные срочные данные значений скорости и направления приземного ветра по пунктам наблюдений: Махачкала, Остров Тюлений, Ганюшкино, Забурунье, Остров Большой Пешной, Кульсары, Опорная, Кызан, Форт-Шевченко, Актау за период с 1964 по 1986 год. Из 8300 отобраны случаи (календарные даты), когда ветер в этих пунктах в течение суток и более был устойчив по направлению, а значения величины скорости (в каждом из сроков) превышали 5 м/с. Расположение пунктов наблюдений вблизи разных участков побережья Северного Каспия позволило задать условия дальнейшего формирования рабочей выборки с направлениями ветра для участков побережья северо-западного, западного, юго-западного, южного и юго-восточного румбов. То есть выделения для участков побережья эффективных направлений нагонного ветра: для северо-западного побережья северной части моря (М Ганюшкино, Забурунье) - юго-восточного; для северо-восточного побережья (МГ Остров Большой Пешной, М Кульсары) - южного и юго-западного; для восточного (М Опорная, Кызан) - западного и северо-западного. Связь определенного эффективного направления

ветра с конкретным затопляемым участком побережья подтверждается следующими данными. За период с 1964 по 1986 год на МГ Остров Большой Пешной зафиксировано 164 случая нагонного повышения уровня моря. Средняя высота нагона 62 см, средняя продолжительность 77 ч, средняя интенсивность 1,2 см/ч. Из них отобрано 126 случаев, когда в районе наблюдений не менее суток фиксировался ветер устойчивого направления со значением скорости более 5 м/с. В 62 % случаев эти нагоны связаны с ветром юго-западного и южного направлений, в 34 % случаев - западного. Фиксация здесь довольно большого числа случаев с западным ветром может быть связана с гидрологическими особенностями водного режима в районе наблюдения и колебаниями направления ветра в пределах западного румба (247 - 293°). Составляющими эффективного направления нагонного ветра являются его устойчивость, интенсивность и продолжительность, которые, прежде всего, определяются характеристиками барического градиента в локальном районе (в нашем случае это район Северного Каспия) [2].

Для исследования сгонно-нагонных колебаний уровня Каспийского моря в КазНИИМОСК в 1996 г. адаптирована гидродинамическая модель, разработанная Датским гидравлическим институтом в виде пакета программ MIKE-21. Основу модели составляет гидродинамический модуль, который моделирует изменения уровня воды и потоков в ответ на процессы, происходящие в атмосфере и прибрежных зонах. С помощью MIKE-21 можно дать количественную оценку сгонно-нагоным явлениям в виде гидрографа уровня, электронных карт уровенных поверхностей, полей давления и ветра, продольного разреза моря и его локальных зон. Уровни воды и потоки разлагаются в прямоугольной координатной сетке, охватывающей интересующее пространство, при наличии батиметрических данных, коэффициентов шероховатости дна, поля ветра, граничных условий и т.д. Система уравнений неразрывности и сохранения количества движения решается путем использования неявной конечно-разностной схемы второго порядка точности. В уравнения включены эффекты конвективного и поперечного движения, напряжения сдвига ветра на поверхность, градиенты барического давления, силы Кориолиса, вихревое движение, поступающие в водоем стоки (как масса, так и импульс) и испарение [3].

Поскольку ветровые характеристики являются основными входными параметрами при моделировании уровней воды в гидродинамической модели MIKE-21, то особое внимание уделялось их точному расчету. Для этого использовались приземные карты погоды за все симуляционные и верификационные периоды с интервалами 6 часов. Эти карты оцифровывались при помощи дигитайзера [1], а затем интерполировались в модели при помощи модулей MIKE 21. Полученные таким образом модельные карты тщательно

анализировались путем сравнения наблюдаемых и рассчитанных значений давления, скорости и направления ветра по всем морским гидрологическим станциям вокруг акватории Каспийского моря. Возможности модели MIKE 21 позволяют добиться высокой сходимости натуральных и модельных полей давления и ветра. На рис. 1, в качестве примера, приведена фактическая карта погоды за 12 часов СГВ 3 апреля 1965 года. Вышеописанным способом проведена оцифровка данной карты и получен её модельный вариант (рис. 2), который в дальнейшем использован в расчетах.

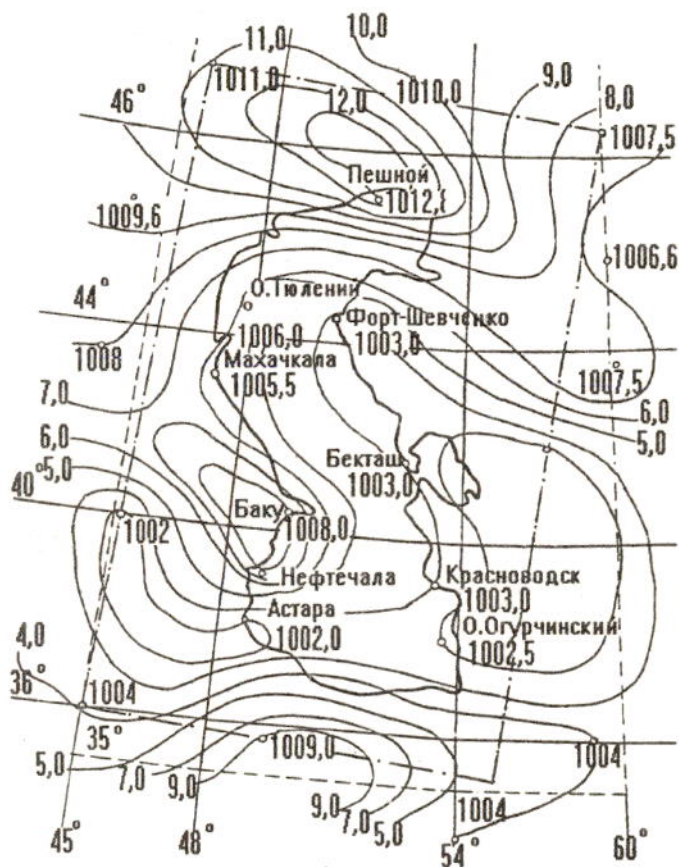


Рис. 1. Приземная карта погоды за 12 часов СГВ 3 апреля 1965 года

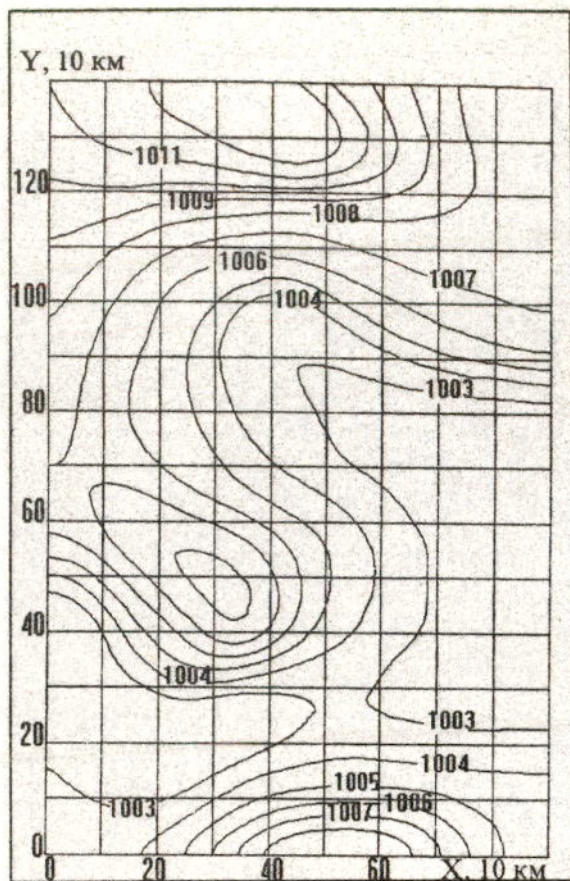


Рис.2. Оцифрованная приземная карта погоды за 12 часов СГВ 3 апреля 1965 года

Следующим этапом было получение результирующего векторного поля ветра и совмещение его с модельным полем давления (рис. 3), которые с другими калибровочными параметрами послужили основой для гидродинамического моделирования уровней воды в период нагона и зон затопления.

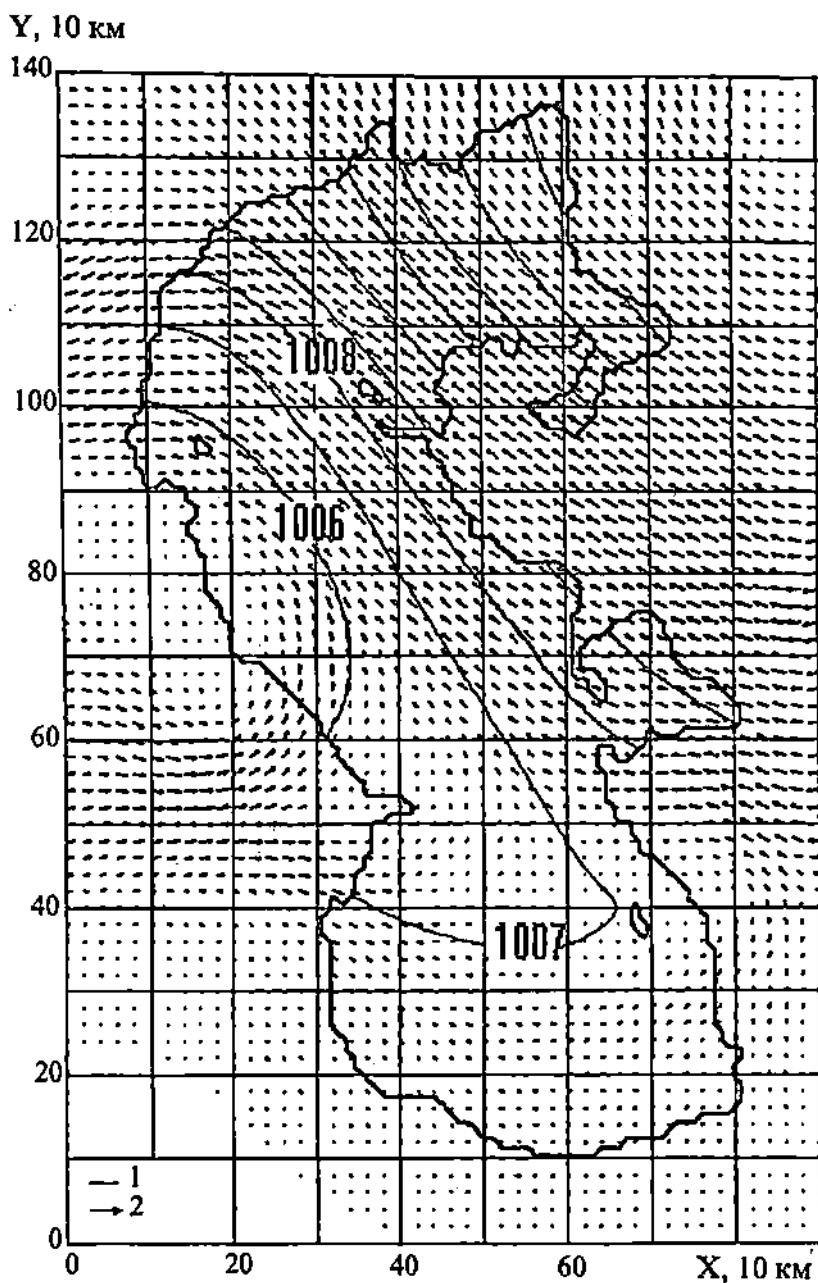


Рис.3. Оцифрованное поле давления и результирующее поле ветра.
1- изобары; 2- вектор скорости ветра (масштаб : в 1 см 50 м/с)

Проведена оценка точности моделирования нагонов путем сравнения наблюдаемого и рассчитанного хода уровней воды по всем пунктам наблюдений на Каспийском море. На рис. 4 представлено это сопоставление на примере нагона 1990 года для МГ Форт-Шевченко, Остров Кулалы, Остров Тюлений и Остров Большой Пешной. Выполненная работа показала хорошую сходимость фактических и рассчитанных данных, что дает основание использовать в перспективе модель при прогнозировании сгонно - нагонных колебаний уровня в береговой зоне Северо-Восточного Каспия.

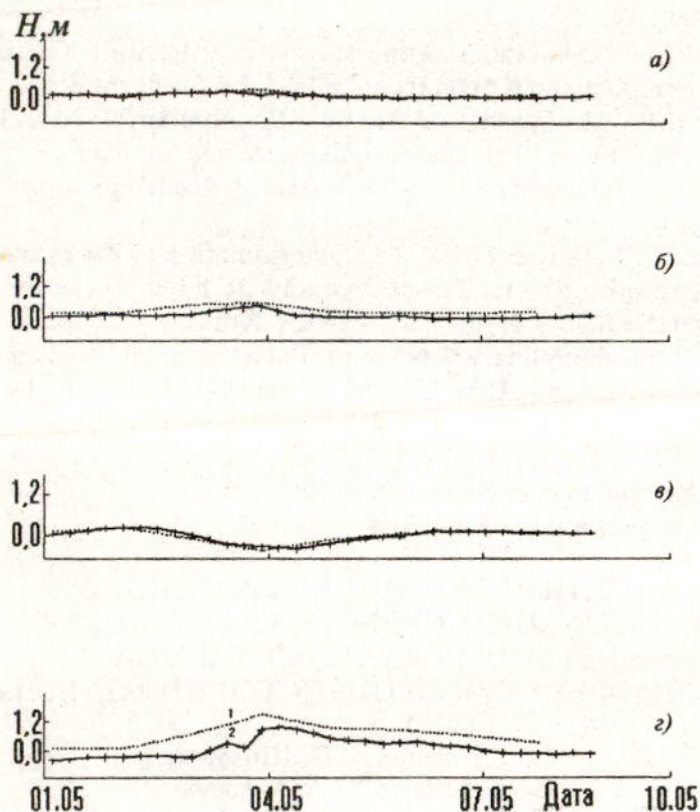


Рис.4. Сопоставление рассчитанных (1) и измеренных (2) уровней воды (H) по МГ Форт-Шевченко (а), Остров Кулалы (б), Остров Тюлений (в) и Остров Большой Пешной (г) на примере нагона 1990 года

Это очень важно для своевременного осуществления мероприятий по берегозащите и выявления наиболее уязвимых локальных зон

возможного размыва нефтяных месторождений. Метод расчета можно также использовать при выборе оптимального варианта уменьшения экологического кризиса в Прикаспии в случае повышения фонового уровня моря в результате глобального потепления климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К вопросу о создании батиметрической модели Каспийского моря / Н.И. Ивкина, Т.П. Строева, Е.И. Васенина, Г.И. Нестеркина // Гидрометеорология и экология.- 1997.- № 2.- С.103-109.
2. Мурадов М.А. О каталоге синоптических ситуаций в Казахстане // Гидрометеорология и экология.- 1997. - № 2. - С.76-92.
3. Abbott M.B., McCowan A., Warren I.R. Numerical Modelling of Free-Surface Flows that are Two Dimensional in Plan // Transport models for Inland and coastal waters.- Academic press, 1991.- P. 222-283.
4. Golubtsov V.V., Shivareva S.P. The Determination of Background Value Level of Caspian Sea for Perspective and its Level Rising by Effect of Wind // UNESCO - IHP - IOC - IAEA Workshop on Sea Level Rise and the Multidisciplinary Studies of Environmental Processes in the Caspian Sea Region.- Paris, UNESCO, May 9-12, 1995.- P. 44-47.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ ҚАЗАҚСТАНДЫҚ ЖАҒАЛАУЫНДА СУДЫҢ ШОҒЫРЛАНДЫРУ- ҚУҒЫНДАУ ҚҰБЫЛЫСТАРЫНА АТМОСФЕРАЛЫҚ ПРОЦЕССТЕРДІҢ ЫҚПАЛЫ

Техн. ғ. канд. С.П. Шиварева
Геогр. ғ. канд. М.А. Мурадов
Н.И. Ивкина
Г.П. Строева
Н.Н. Щеголева
Е.Н. Васенина

Солтүстік Каспийде су деңгейін және желді бақылау мәліметтері негізінде су шоғырларының 400 рет болғаны анықталып, жел ережесінің ерекшелігі сипатталған. MIKE-21 гидродинамикалық үлгісін қолдану арқылы желдің әсерінен су деңгейінің көтерілу кезеңінде гидрограф аспабының есеп нәтижесі баяндалған. Есептеу әдісі жағаны қорғау шараларында және жағалауды судың басуына ең тәуелді аймақтарда, соның ішінде климаттың жалпы жылуына байланысты теңіз деңгейінің көтерілуін анықтауда қолдануға болады.

УДК 551.511.6:551.324.433.(574)

**О РОЛИ ТУРБУЛЕНТНОЙ ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛА И ВЛАГИ К
ПОВЕРХНОСТИ ГОРНЫХ ЛЕДНИКОВ ПРИ СОВРЕМЕННОМ
СОКРАЩЕНИИ ИХ ПЛОЩАДИ**

Канд. геогр. наук Г.С. Ахметова

Дается критическая оценка существующих методов определения турбулентных потоков тепла и влаги по результатам расчетов этих характеристик для ледника Красовского в Джунгарском Алатау для трех абляционных периодов с различными погодными условиями.

В последние десятилетия ледники повсеместно сокращаются и отступают. Одной из причин такого поведения современного горного оледенения могут быть изменения интенсивности абляции ледников. Поэтому детальное изучение условий абляции и разработка физико-математических моделей для расчета этой характеристики ледников имеют важное значение как в практическом, так и в научном отношении.

Абляция снега и льда происходит прежде всего в результате их таяния и испарения. Основными источниками энергии для указанных процессов служат радиационный и турбулентный притоки тепла к поверхности ледника. Радиационная составляющая к настоящему времени хорошо изучена и определяется с достаточной точностью. В этом направлении всесторонние исследования для условий горных ледников Джунгарского Алатау выполнены П.А. Черкасовым [8], чего нельзя сказать о турбулентной составляющей. Расчетные величины данной характеристики теплового баланса поверхности ледников противоречивы. Поэтому в данной работе поставлена цель: критически оценить различные методы по определению турбулентных потоков явного и скрытого тепла. При проведении исследования рассмотрены и опробованы пять методов расчета турбулентных потоков ощутимого и скрытого тепла ($P+LE$): методы А.С. Мониной - А.Б. Казанского (ММК) [3,5,6,7] и С.С. Зилитинкевича - Д.В. Чаликова (МЗЧ) [3,4], Д.Л. Лайхтмана (МЛ) [1], метод расчета этих энергетических потоков при условии безразличной стратификации приземного слоя атмосферы (MLG) и метод замыкания уравнения теплового баланса поверхности ледника (МТБ) [2]. Наиболее надежным и физически обоснованным является метод замыкания уравнения теплового баланса поверхности ледника. Он дает возможность расчета указанных величин за 5-6 и

10-12 -дневные интервалы времени и для всего абляционного периода. Расчет этих величин по данным градиентных измерений во время абляционных периодов с 1961 по 1963 г. на языке ледника Красовского показал, что в среднем за все три периода радиационная составляющая приходной части теплового баланса составила 82,3 %, а турбулентный поток ощутимого и скрытого тепла равнялся 17,7 %. В отдельные периоды доля турбулентной составляющей в притоке тепла к поверхности ледника увеличивалась до 32 -46 %. В 1962 г., когда температура воздуха была выше примерно на 2⁰С, чем в абляционные периоды предыдущего и последующего годов, турбулентный приток ощутимого и скрытого тепла был равен 2,6 МДж/(м²/день), что на 1,0 - 1,1 МДж/(м²/день) больше, чем аналогичные величины 1961 г. и 1963 г.

Анализ статистических характеристик отклонений значений суммарных турбулентных притоков тепла, рассчитанных на основе различных методов, от тех значений, которые получены на основе применения эталонного метода замыкания уравнения теплового баланса, показал, что при расчетах турбулентных потоков тепла и влаги всеми четырьмя указанными методами наблюдается недоучет этих величин. Наибольшую погрешность дает расчет по методу Д.Л. Лайхтмана. Для различных абляционных периодов значения этих ошибок сильно отличаются. При более глубоких инверсиях над поверхностью ледника их величины наибольшие. Наименьшие ошибки при учете систематических и абсолютных отклонений дают методы А.С. Монины - А.Б. Казаского и метод расчета турбулентных составляющих теплового баланса при условии безразличной стратификации атмосферы. Указанные особенности хорошо прослеживаются при анализе значений систематических отклонений для абляционных периодов 1961-1963 годов (табл.).

Таблица

Систематические отклонения рассчитанных различными методами значений суммарных турбулентных потоков ощутимого и скрытого тепла от контрольных величин, полученных с помощью метода замыкания уравнения теплового баланса для абляционных периодов 1961-1963 гг. в МДж/(м² день)

Год	Метод			
	ММК	МЗЧ	МЛ	МЛГ
1961	1,07	1,25	1,44	0,95
1962	1,17	1,83	2,02	0,96
1963	0,93	-	1,46	0,79

Анализ вертикальных профилей скорости ветра показал, что в условиях устойчивой приледниковой инверсии зависимость

турбулентного обмена от стратификации существенно отлична от аналогичной зависимости над равнинной поверхностью. Механизм турбулентной передачи тепла и влаги при инверсиях над ледником происходит как при неустойчивой температурной стратификации, то есть на процесс оказывают влияние более высокие слои атмосферы.

Поэтому рассчитать составляющую величины абляции ледников, вызванную турбулентным притоком явного и скрытого тепла, в настоящее время не представляется возможным из-за сложности процессов передачи тепла и влаги к их поверхности летом. Для качественной оценки изменения во времени роли турбулентного притока тепла к поверхности ледника при его абляции рассмотрен временной ход среднемесячных значений суточных максимальных температур воздуха за август с 1961 г. по 1963 г. по данным наблюдений ближайшей метеорологической станции Сарканд. Исследования, выполненные ранее П.А. Черсовым [9], показали, что коэффициент корреляции между значениями температуры воздуха в районе данной метеостанции и над поверхностью указанного ледника близок к 0,90. Временной ход этой метеорологической величины характеризуется трендом, приблизительно равным $1,7^{\circ}\text{C}/28$ лет, что указывает на постепенный рост температуры воздуха над указанным ледником и увеличение турбулентной передачи тепла из воздуха к его поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будыко М.И., Лайхтман Д.Л., Тимофеев М.П. Определение коэффициента турбулентного обмена в приземном слое воздуха // Метеорология и гидрология. - 1953. - № 3. - С. 27-33.
2. Волошина А.П. Тепловой баланс поверхности высокогорных ледников в летний период (на примере Эльбруса). - М.: Наука, 1966. - 150 с.
3. Зилитинкевич С.С. Динамика пограничного слоя атмосферы. - Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 202 с.
4. Зилитинкевич С.С., Чаликов Д.В. О расчете вертикальных турбулентных потоков в приземном слое атмосферы по данным градиентных наблюдений // Изв. АН СССР. Сер. физика атмосферы и океана. - 1968. - Т. 4, № 9. - С. 915-929.
5. Казанский А.Б., Монин А.С. Турбулентность в приземных инверсиях // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. - 1956. - № 1. - С. 79-86.
6. Казанский А.Б., Монин А.С. Определение турбулентных потоков количества движения, тепла и влаги по данным градиентных измерений // Метеорология и гидрология. - 1962. - № 12. - С. 3-8.
7. Казанский А.Б., Монин А.С. О турбулентном режиме в приземном слое воздуха при неустойчивой стратификации // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. - 1958. - № 6. - С. 741-751.

8. Черкасов П.А. Радиационный баланс физической поверхности горного ледника в период абляции. - Алма-Ата: Наука, 1980. - 144 с.
9. Черкасов П.А. Расчет составляющих водно-ледового баланса внутриконтинентальной ледниковой системы на примере Джунгарского Алатау // Дисс... д-ра геогр. наук. - Алма-Ата, 1991. - С. 209-240.

Институт географии МН-АН РК

ТАУ МҮЗДЫҚТАРЫНЫҢ ҚАЗІРГІ КЕЗДЕГІ АУДАНЫНЫҢ КЕМУІ БАРЫСЫНДА ОЛАРДЫҢ БЕТІНДЕ ЖЫЛУ МЕН ЫЛҒАЛДЫҢ ТУРБУЛЕНТТІ ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ АТҚАРАТЫН РОЛІ ТУРАЛЫ

Г.С. Ахметова

Әртүрлі ауа-райы жағдайындағы үш абляциялы кезең үшін Жоңғар Алатауындағы Красовский мұздығында жылу мен ылғалдың турбуленттік ағындарын анықтаудың нәтижелері бойынша оларды анықтайтын әдістерге салыстырмалы баға берілді.

УДК 551.585.5 "312/313" (574-12)

РЕАЛЬНОСТИ И ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНОСТИ КЛИМАТА ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА

А. В. Белый

Рассмотрена континентальность как одна из важнейших характеристик климата. Проанализированы тенденции индекса континентальности и годового размаха колебаний температуры воздуха, исследована их корреляционная зависимость с тремя типами атмосферной циркуляции, количеством осадков и скоростью ветра. Приведены оценки влияния изменений континентальности климата на состояние природной среды.

Континентальность - одна из важнейших характеристик климата, представляющая собой совокупность характерных его особенностей, обусловленных воздействиями материка на процессы климатообразования, а именно: увеличенные по сравнению с приморскими районами годовой и суточный размах колебаний температуры воздуха, пониженная относительная влажность и облачность в летний период и в дневное время, непостоянство в выпадении осадков, общее их уменьшение и пр. В связи с потеплением климата на земном шаре, поднимается вопрос об изменении его континентальности в различных районах планеты. Решение данного вопроса имеет не только научно-познавательный, но и практический интерес. Изменение этой величины во времени позволит судить о процессах климатообразования, что, в свою очередь, важно для оценки экологических условий и процессов, протекающих в том или ином районе. Сведения о континентальности необходимы для характеристики климата, его классификации по регионам, они могут быть полезны и для составления различного вида прогнозов.

Территория Юго-Восточного Казахстана характеризуется сложным орографическим строением и в ее пределах расположены практически все ландшафтные и природно-климатические зоны. Особенно четко зональность проявляется в Алматинской области, где, к тому же, развита система наблюдений - метеорологические станции и посты расположены довольно плотно, что создает необходимую базу исходных данных для проведения исследований. Таким образом, данная территория представляет собой методологическую ценность в

плане исследований способов оптимальной оценки континентальности климата и анализа его временного хода. Статья посвящена продолжению исследований автора [2] в этом направлении.

Для числовой характеристики континентальности климата существует ряд формул, в основу которых положена та или иная функция от годового размаха колебаний температуры воздуха. По мнению исследователей [4], для определения степени континентальности климата в условиях Казахстана, наиболее удобна формула В. Горчинского, которая весьма чувствительна к незначительным изменениям температуры воздуха и имеет вид

$$K = \frac{1,7 A}{\sin \varphi} - 20,4,$$

где K - индекс континентальности климата, %, A - годовой размах колебаний температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$, φ - географическая широта места, градус.

Как и следовало ожидать, в Алматинской области континентальность климата возрастает от гор Тянь-Шаня в направлении оз. Балхаш (K от 56 до 70 % и более). В горных районах области климат заметно смягчается. Так, на северном склоне хребта Заилийский Алатау степень континентальности климата изменяется от 56 % на высоте 847 м до 28 % в зоне альпийских лугов (≈ 3017 м), а в зоне горного оледенения - до 22-24 %. Принимая во внимание градации континентальности климата, можно отметить, что он на большей части территории в целом континентальный (50,1 - 70,0 %). На севере области, в районе оз. Балхаш, он принимает черты резко континентального, K - свыше 70 %. На юге области, с увеличением абсолютной высоты в горах, климат становится умеренно континентальным (30,1-50,0 %), а на больших высотах сменяется чертами морского умеренного (20,1-30,0 %). В основе этих градаций также лежат значения годового размаха колебаний температуры воздуха, которые увеличиваются при движении от горных районов юга области на север - в район оз. Балхаш от 21-27 до 45-55 $^{\circ}\text{C}$.

В [2] проведен анализ различных индексов континентальности климата, который показал пригодность формулы В. Горчинского для целей наших исследований, а именно, изучения временного хода рассматриваемой величины. Проанализировав многолетний ход рассчитанных значений индекса континентальности климата, была выявлена тенденция ее уменьшения по М Алматы, ОГМС за период 1921-1995 гг. Так как годовой размах колебаний температуры воздуха лежит в основе индекса континентальности, а также является одним из главных показателей степени континентальности, автором работы выяснена тенденция ее изменения по М Алматы, ОГМС за этот же

период. Изменения индекса континентальности повторяются ходом годового размаха колебаний температуры воздуха, а тренды их совпадают. Исходя из этого, нами предлагается рассматривать в качестве основного показателя изменения континентальности климата именно годовой размах колебаний температуры воздуха, значения которого взяты за многолетний период вначале по М Алматы, ОГМС, а затем и по другим метеостанциям области. Выяснилось, что наиболее частые отклонения от средних значений годового размаха колебаний температуры воздуха наблюдались на М Алматы, ОГМС в промежутках: положительные - 1930-1938, 1946-1959, 1971-1980 гг., отрицательные - 1938-1945, 1960-1970 и 1981-1995 гг. Последние тридцать лет характеризуются наличием отрицательной тенденции годового размаха колебаний температуры воздуха - за весь период рассчитан статистически значимый отрицательный линейный тренд.

Таким же образом проанализированы многолетние изменения среднего годового размаха колебаний температуры воздуха и по М Усть-Горельник, Мынжилки, Баканас, Есик, Нарынкол, Большое Алматинское Озеро и Каменское Плато, расположенным в разных природно-климатических зонах. Для названных метеорологических станций характерно наличие отрицательного тренда после 1970 года. Причем, на высотных М Мынжилки, Большое Алматинское Озеро и Каменское Плато уменьшение рассматриваемой величины прослеживается только с 1973-1975 гг., т.е. несколько сдвинуто по сравнению с метеостанциями, расположенными на равнине и в предгорьях. Возможно, это может объясняться затухающими колебаниями показателя из-за разницы физико-географических условий равнинной и горной территорий. Можно полагать, что существует некоторое запаздывание в процессах, протекающих в горных районах, по сравнению с равнинными. Замечено также, что на всех рассмотренных метеостанциях в период 1984-1985 гг. наблюдаются наибольшие за весь период наблюдений отклонения рассматриваемого показателя в сторону его увеличения.

В таблице приведены знаки среднего годового прироста годового размаха колебаний температуры воздуха по десятилетиям, полученные в результате расчетов и анализа линейных трендов на различных метеостанциях области. Проверка статистической достоверности полученных результатов осуществлялась с помощью t -критерия Стьюдента, равного отношению величины среднего годового прироста к его статистической ошибке. В расчет принимались данные на 5 % - ном уровне значимости с числом степеней свободы $n-1$, если $t \geq t_{st}$. Как можно видеть (см. табл.), изменения среднего годового размаха колебаний температуры воздуха по отдельным станциям довольно хорошо согласуются между собой. Практически повсеместно периоды 1956-1965, 1976-1985 и 1986-1995 гг. характеризовались

уменьшением рассматриваемой величины. В остальное время либо происходил ее рост, либо не было существенного изменения. Последнее особенно присуще высотным метеорологическим станциям, на которых за последние два десятилетия статистически значимых изменений не произошло. По-видимому, это связано с теми же причинами, о которых говорилось выше.

Таблица

Знаки тенденций среднего годового размаха колебаний температуры воздуха по десятилетиям на 5-% уровне значимости

Метеостанция	1936-1975 гг.	1946-1955 гг.	1956-1965 гг.	1966-1975 гг.	1976-1985 гг.	1986-1995 гг.
Алматы, ОГМС	+	-	-	+	-	-
Есик	+	-	-	+	-	-
Усть-Горельник	+		-	+		
Баканас	+	+	-	+	-	-
Нарынкол			-	+	-	-
Каменское Плато			+	+	-	-
Мынжилки	+	+	-	+	-	
Большое Алматинское Озеро	+	+	-	+	-	

Следует отметить, что континентальность климата определяется также интенсивностью адвекции воздушных масс с океана [5]. Она тем меньше, чем интенсивнее эти потоки и чем чаще они приходят на материк. Исходя из этого можно полагать, что в последнее время на рассматриваемой территории увеличивается повторяемость поступления морских воздушных масс и возрастает количество выпадающих осадков. Для подтверждения этого факта рассматривались совместно многолетние временные ряды годовых сумм осадков и среднего годового размаха колебаний температуры воздуха по метеостанциям Алматинской области. На рис. 1 представлены графики фактических значений рассматриваемых величин и десятилетних скользящих средних за период 1936-1995 гг. на М Нарынкол. Прослеживается зависимость изменения значений годового размаха колебаний температуры воздуха и количества выпадающих осадков (см. рис. 1). Наименьшим значениям годового размаха колебаний соответствуют, как правило, наибольшие значения выпадающих осадков. Примерно такая же тенденция характерна и для других рассмотренных метеостанций.

Еще одним фактором, влияющим на качественную характеристику континентальности климата, может быть ветровой режим.

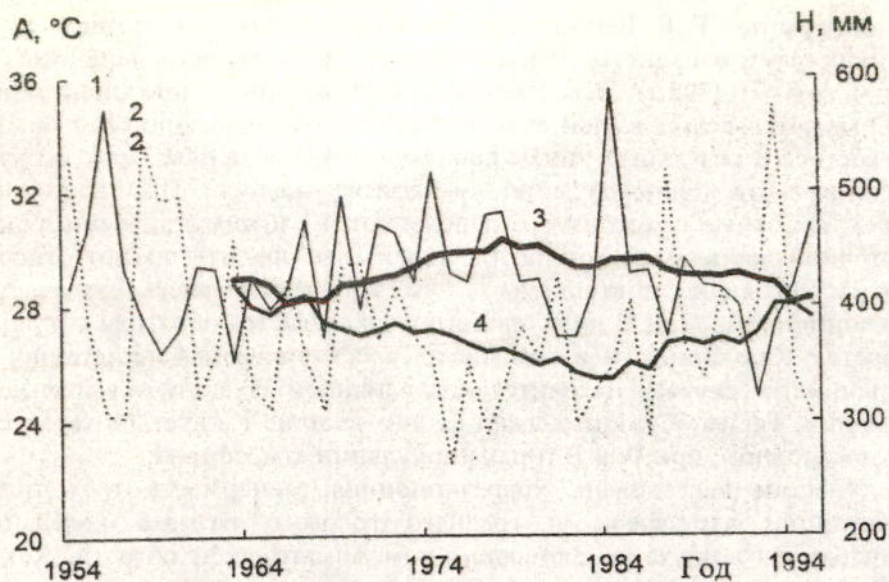


Рис. 1. Многолетний ход годового размаха колебаний температуры воздуха (A , °C) - 1, среднего годового количества осадков (H , мм) - 2 и их десятилетние скользящие средние - 3, 4 по данным М Нарынкол

С увеличением континентальности, как правило, скорость ветра уменьшается, увеличивается повторяемость штелей. Проанализирована средняя годовая скорость ветра по метеостанциям Алматинской области за тридцатилетний период. По данным [3], на территории наблюдаются отрицательные долгопериодные тенденции в изменении рассматриваемой величины. Так, для М Каменское Плато характерно наибольшее уменьшение средней годовой скорости ветра (минус 0,04 м/с в год). При более детальном анализе временных рядов по ветру выяснилось, что за последние 10-15 лет на рассматриваемых метеостанциях выявляются положительные тренды в изменении этой характеристики. Такие тенденции отмечены на всех метеорологических станциях, за исключением Мынжилки и Усть-Горельник, расположенных в горных районах.

Таким образом, материалы, представленные выше, констатируют наличие факта уменьшения континентальности климата на рассматриваемой территории в последние годы. Одной из причин этого может быть изменение циркуляции атмосферы. Автором работы рассмотрены макросиноптические процессы в северном полушарии. Для этого был проанализирован временной ход трех типов циркуляции

атмосферы по Г. Я. Вангенгейму. За основу взяты данные числа суток с процессами западного (W), восточного (E) и меридионального (C) типов за 1891-1995 гг. Как известно, при западном типе циркуляции наблюдаются волны малой амплитуды, быстро смещающиеся с запада на восток. В результате этого происходит вынос теплых масс воздуха океанического происхождения, выпадение осадков. При восточном типе высотные ложбины располагаются преимущественно над восточной частью Казахстана, где приземные фронты имеют относительно большую повторяемость, в это время здесь отмечается циклоничность. При С циркуляции прослеживается обратная ситуация - восток Казахстана, и в том числе, рассматриваемая территория, в большинстве случаев находится под влиянием области повышенного давления. Таким образом, осадки на юго-востоке Казахстана характерны, в основном, при W и E типах циркуляции атмосферы.

Нами исследована корреляционная зависимость трех типов циркуляции атмосферы и среднего годового размаха колебаний температуры воздуха по метеостанциям Алматинской области. Как и следовало ожидать, значимые на 5% - ном уровне отрицательные связи выявлены для типов W и E, а прямая связь прослеживается по некоторым станциям в случае с меридиональной циркуляцией. На рис. 2 показан график многолетнего хода числа суток с западной формой циркуляции атмосферы и среднего годового размаха колебаний температуры воздуха по М Алматы, ОГМС. Как видно (см. рис. 2), последние 20 лет характеризуются значительным увеличением повторяемости W циркуляции и снижением среднего годового размаха колебаний температуры воздуха, что проиллюстрировано линейными трендами *a* и *б*.

Также проанализирован многолетний ход повторяемости двух других типов циркуляции, что позволяет сделать вывод об увеличении в последнее время таких форм циркуляции, при которых возрастает адвекция морских воздушных масс, что приводит к уменьшению континентальности климата.

Таким образом, рассмотренные материалы позволяют сделать выводы о континентальности климата юго-востока Казахстана, которая, прежде всего, не остается постоянной, а изменяется во времени, что связано с общими колебаниями процессов климатообразования. В целом, с большой долей вероятности, возможно определить тенденции в изменении этой величины. Выявленные изменения значений годового размаха колебаний температуры воздуха, а также данные по осадкам и ветру позволяют констатировать уменьшение в последнее время континентальности климата рассматриваемой территории. При условии сохранения этой тенденции, данное обстоятельство может явиться одной из положительных черт современного изменения климата для природной среды, окружающей человека.

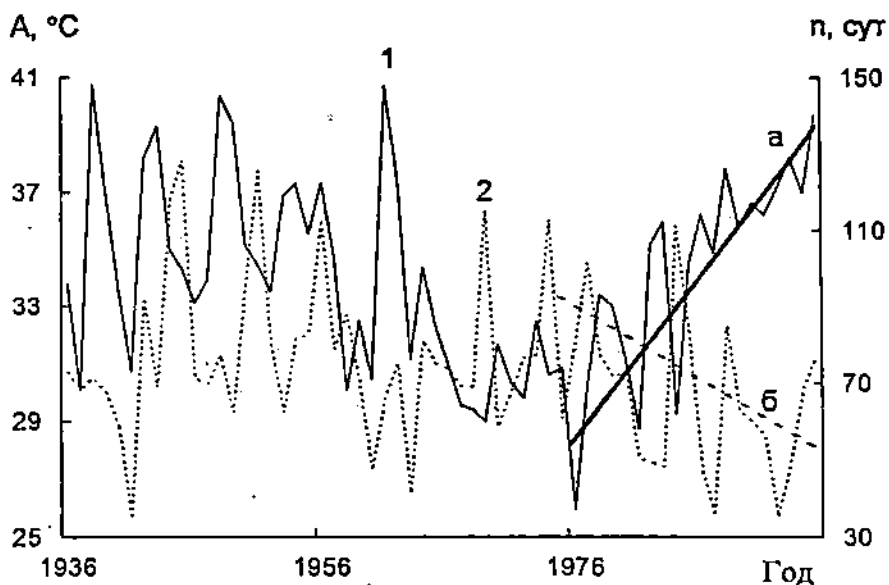


Рис. 2. Многолетний ход числа суток (n , сут) с типом циркуляции W (1) и среднего годового размаха колебаний температуры воздуха (A , $^{\circ}C$) - 2 по данным М Алматы, ОГМС и их линейные тренды - а, б за последнее двадцатилетие

Так, для состояния чистоты атмосферы в городах и населенных пунктах, уменьшение континентальности климата может означать увеличение повторяемости процессов, способствующих рассеиванию вредных примесей, а именно: возрастание скорости ветра, количества осадков и пр., на что указывается в работах [6, 8, 9].

В [1] рассмотрена зависимость некоторых из этих изменений с качеством атмосферного воздуха в городах Алматы и Капшагай. Так, увеличение за последние шесть лет концентраций пыли, SO_2 , CO и NO_2 в воздушном бассейне Капшагай может быть связано с ростом повторяемости слабых ветров, штилей, уменьшением количества выпадающих осадков. В то же время, отсутствие статистически достоверных тенденций в рядах значений концентраций газообразных примесей по г. Алматы при значительном увеличении выбросов от автотранспорта, свидетельствует о некотором улучшении условий самоочищения атмосферы в предгорной зоне, а именно: возрастании скорости наблюдаемых ветров, повторяемости выпадающих осадков, снижении частоты явлений застоя воздуха, т.е. об уменьшении континентальности климата.

Исходя из этого можно полагать, что дающаяся в последнее время исключительно негативная оценка глобального потепления

климата и его последствий [7, 10], очевидно, справедлива не для всех регионов, что подтверждается нашими исследованиями об уменьшении континентальности климата территории, расположенной в центре материка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бейсенова А.С., Белый А.В. Об уровне и тенденциях загрязнения воздуха городов Алматы и Капчагай // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 1. - С. 135-153.
2. Белый А.В. О тенденциях изменения континентальности климата Алматинской области // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 2. - С. 101-112.
3. Белый А.В. О тенденциях изменения ветрового режима Алматинской области и его влиянии на загрязнение атмосферы // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 4. - С. 141-156.
4. Вилесов В.Н., Уваров В.Н., Гужавина Е.А. К характеристике континентальности климата Казахстана // Вопросы гидрологии орошаемых земель, Казахстана. - Алма-Ата, КазГУ, 1986. - С. 44-54.
5. Климатология / О.А. Дроздов, В.А. Васильев, Н.В. Кобыщева и др. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 568 с.
6. Devara P., Raj P., Sharma S. Lidar - observed long-term variation in urban aerosol characteristics and their conection with meteorological parameters // Int. J. Climstol. - 1994. - № 14. - P. 581-591.
7. Long-term climate monitoring by the global climate observing systems (GCOS): [Pap.] Meet "Long-Term. Clim. Monit. Glob. Clim. Obsery. Syst.", Asheville, N.C., fan. 9-11, 1995 / T. Karl, F. Breserton, W. Easterling and others // Clim. change. - 1995. - Vol. 31, № 2-4. - P. 231-245.
8. Matzuer E., Meiwes K. Long - term development of ebueent fluxes with bulk precipitation and throughfall in two german forests: Pap. Symp. Minimizing Agr. Nonpoint - Source Impacts. ASA Annu. Meet., Miniapolis, Minn., 2 Nov., 1992 // J. Environ. Qual. - 1994. - Vol. 23, № 1. - P. 162-166.
9. Niccum E., Lehrman., Knuth W. The influence of meteorology on the air quality in the southwestern San Joaquin Valley region for 3-6 August 1990 // J. Appl. Met. - 1995. - Vol. 34, № 8. - P. 1834-1847.
10. Powentry P.R., Murphy J.M., Mitchell J.F. Climate change and future rainfall predictions // J. Inst. Water and Environ. - 1993. - Vol. 7, № 5. - P. 467-470.

Алматинский Государственный Университет им. Абая

ОҢТҮСТІК - ШЫҒЫСТА КЛИМАТ КОНТИНЕНТАЛЬДЫҒЫНЫҢ НАҚТЫЛЫ ӨЗГЕРУІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЗАРДАБЫ

А.В. Белый

Континентальдық - климаттың ең бір маңызды көрсеткіші ретінде қаралады. Континентальдық индекстің өзгеру бағыты және ауа температурасының жылдық тербелу шегі талданылды, олардың үш типтік атмосфералық айналыммен, желдің жылдамдығы және жауын-шашынның мөлшерлерімен корреляциялық байланыстары зерттелді. Табиғи орта жағдайына климат континентальдығы өзгерісінің әсеріне баға келтірілді.

РЕШЕНИЕ

СЕМИНАРА ПО ПОДГОТОВКЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПЛАНА ДЕЙСТВИЙ ПО РАМОЧНОЙ КОНВЕНЦИИ ООН ОБ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Проблема смягчения неблагоприятных воздействий изменения климата является составной частью проблемы экологической безопасности Республики Казахстан, а процесс подготовки НПД РКИК является частью процесса разработки Национального плана действий по охране окружающей среды для устойчивого развития (НПДООС УР). Национальный план действий по Конвенции должен обеспечить реализацию обязательств Республики Казахстан по Конвенции и защиту ее интересов, а также осуществление комплекса мероприятий по предотвращению отрицательных последствий изменения климата в Казахстане. Осуществление таких мер является комплексной задачей государственного масштаба и требует скоординированных действий министерств и ведомств, неправительственных организаций и общественности.

В Казахстане, как и в большинстве развивающихся стран и стран с переходной экономикой, основная часть сокращения выбросов парниковых газов (ПГ) может стать побочным продуктом политики и мер, адресованных увеличению энергетической эффективности и развитию альтернативных источников энергии, обеспечению устойчивого развития сельского, лесного и водного хозяйства и других отраслей экономики. Таким образом, разработка и осуществление НПД РКИК непосредственно связаны с общей национальной стратегией экологической безопасности и устойчивого развития. Необходимо считать разработку НПД РКИК чрезвычайно важным этапом выполнения обязательств Республики Казахстан по Конвенции и предотвращения отрицательных последствий изменения климата и устойчивого развития Республики Казахстан. Проведение подобных семинаров целесообразно осуществлять на регулярной основе.

Участниками семинара принято решение.

1. Разработать НПД РКИК в соответствии с Национальной Концепцией Экологической Безопасности Республики Казахстан и с Законом Республики Казахстан об охране окружающей среды, объединяя НПД РКИК с НПДООС УР.

2. Четко определить организационные и правовые взаимоотношения НПД РКИК и НПДООС для УР. Определить размер финансовых средств для НПД РКИК в НПДООС для УР.
3. Обратиться в Правительство Казахстана с предложением о создании межведомственной координационной комиссии по проблемам изменения климата, одной из главных задач которой является интегрирование НПД РКИК с другими национальными и отраслевыми планами и программами социального и экономического развития на устойчивой основе.
4. Просить Правительство Республики Казахстан провести через Парламент закон об энергосбережении и использовании возобновимых ресурсов с целью стимулирования этих процессов.
5. Создать координационную группу экспертов (КГЭ) по НПД РКИК из представителей заинтересованных сторон в следующем составе:
Пилифосова О.В., зав. лабораторией КазНИИМОСК;
Мандария Т.Д., директор Энергоцентра ЕС-Казахстан;
Госсен Э.Ф., главный специалист Национального центра аграрных исследований;
Папафанасопуло Г.А., советник министра энергетики и природных ресурсов;
Голубцов В.В., ведущий научный сотрудник КазНИИМОСК;
Василенко В.Н., зав. отделом Института стратегических исследований Республики Казахстан;
Чередниченко В.С., профессор КазНГУ им. аль-Фараби.
6. Разрабатывать НПД РКИК, максимально координируя его с отраслевыми планами и программами.
 - а) *В энергетическом секторе*
 - Программой неотложных мер и стратегии развития энергетики;
 - Национальной программой энергосбережения Республики Казахстан, подкрепленной Постановлением Правительства "О мерах по реализации политики энергосбережения в Республике Казахстан";
 - Программой вовлечения возобновляемых источников энергии в энергобаланс Республики Казахстан до 2020 года.
 - б) *В неэнергетическом секторе*
 - Концептуальной программой развития агропромышленного комплекса в Казахстане до 2000 года;
 - Национальной программой "Концепция развития лесного хозяйства Казахстана".
7. Определить в качестве приоритетных, с точки зрения ограничения эмиссии парниковых газов, секторы экономики и мероприятия в них.
 - а) Сектор производства электро- и теплоэнергии:
 - увеличение эффективности использования энергии;

- вовлечение в энергобаланс возобновляемых и бестопливных источников энергии;
 - увеличение доли природного газа в энергобалансе;
 - Министерству энергетики и природных ресурсов РК подготовить документ по сокращению выбросов объектами энергетики.
- б) Промышленность:
- повышение эффективности использования энергии во всех отраслях промышленности;
 - проведение мероприятий по энергосбережению.
- в) Угольные шахты:
- утилизация метана.
- г) Сельское хозяйство:
- увеличение продуктивности животноводства и оптимизация поголовья скота,
 - выведение из севооборота низкопродуктивных земель при интенсификации производства зерна.
- д) Лесное хозяйство:
- расширение площади лесов.
8. Определить в качестве приоритетных, с точки зрения потенциальной уязвимости и адаптации к ожидаемым изменениям климата, секторы экономики и мероприятия в них.
- а) Производство продукции растениеводства:
- организация страховых фондов продовольствия в благоприятные годы с целью смягчения негативного влияния на нормы питания населения в засушливые годы, увеличение повторяемости которых ожидается в связи с изменением климата;
 - создание в регионах Казахстана центров по сохранению генофонда сортов яровой и озимой пшеницы и других культур;
 - формирование страховых фондов семян в годы с более благоприятными погодными условиями для осуществления посева или пересева в более засушливые годы;
 - возделывание зерновых культур в зонах с более благоприятными почвенно-климатическими условиями с использованием средств интенсификации и перевод малопродуктивных земель в кормовые угодья;
 - уточнение и разработка законодательных актов, учитывающих возможное ухудшение почвенно-климатических условий в зоне растениеводства;
 - переход на органические системы земледелия, то есть без применения ядохимикатов и минеральных удобрений.
- б) Водные ресурсы:
- обоснование межгосударственных соглашений по использованию водных ресурсов трансграничных рек;

- разработка мер адаптации водного хозяйства страны, основанных на использовании подземных вод и внедрение водосберегающих технологий.

в) Опасные и стихийные явления:

- разработка и/или корректировка стратегии защиты населения и объектов хозяйственной деятельности от селевых потоков и катастрофических паводков с учетом глобального изменения климата.

9. Для включения в НПД РКИК определить в качестве приоритетных следующие секторы экономики и Направления их деятельности:

- а) создание правового механизма поддержки реализации проектов по сокращению эмиссий парниковых газов и адаптации к ожидаемым изменениям климата;
- б) ограничение выбросов парниковых газов в секторе производства энергии и энергоемких отраслях промышленности за счет увеличения энергоэффективности и внедрения мероприятий по энергосбережению;
- в) проведение фито-лесомелиоративных мероприятий на малопродуктивных землях с целью поглощения CO_2 ;
- г) адаптация производства зерна и использования водных ресурсов.

10. Продолжить анализ основных концепций, программ и планов с точки зрения определения главных направлений и мер, которые можно объединить с Национальным планом действий по изменению климата.

11. Продолжить исследования уязвимости и адаптации к изменениям климата в следующих областях: лесное хозяйство; пастбищное животноводство; горные и ледниковые системы; водные ресурсы; прибрежная зона Каспийского моря.

12. Принимать активное участие в международном сотрудничестве по программам Международного экологического фонда ООН (GEF), совместного выполнения (US JI, AJI), а также в программах по проблемам изменения климата стран СНГ.

13. Поручить КГЭ разработать структуру НПД РКИК в соответствии с выбранными приоритетами.

14. Привлекать средства массовой информации и общественные организации к формированию общественного мнения о важности проблем изменения климата, связанных с парниковым эффектом, и необходимости конкретных действий по смягчению воздействия парниковых газов на изменение климата и по адаптации наиболее уязвимых отраслей экономики к неблагоприятным воздействиям изменения климата.

РЕШЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ПРОБЛЕМАМ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

На конференции рассмотрен широкий круг вопросов, касающихся изменений различных элементов климата. Особое внимание уделено проблеме влияния изменений и колебаний климата на сельскохозяйственное производство и водные ресурсы. Активизировались исследования по адаптации природоёмких отраслей экономики к негативным последствиям изменения климата.

По итогам конференции принято решение:

- активизировать исследования в области изучения изменений и колебаний климата, обратив особое внимание на оценку достоверности результатов;

- направить усилия на снижение неопределенности прогнозов и оценок региональных и глобальных изменений климата;

- ускорить рассмотрение и начало реализации Национальной климатической программы;

- исследовать роль тропосферного аэрозоля в антропогенных изменениях климата;

- обратить внимание правительственных органов на возможность значительного изменения климата с целью разработки государственной программы адаптации экономики к негативным последствиям изменения климата;

- усилить работу по информированности населения республики о предстоящих изменениях климата, агроклиматических ресурсов и их негативных последствиях на экономику республики.

- регулярно проводить научные совещания по проблемам изменений климата;

- опубликовать материалы семинара и конференции в специальном выпуске журнала "Гидрометеорология и экология".