

Редакционный совет

Шамен А.М., начальник Казгидромета, директор КазНИИМОСК, канд. эконом. наук (председатель); Байтулин И.О., академик НАН РК, доктор биолог. наук (зам. председателя); Байшев К.С., первый зам. министра 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 Национального академического центра аграрных исследований; Кудайбергенов К.К., зам. председателя Комитета по водным ресурсам РК; 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; Балакина В.П., начальник Цеха полиграфии ОСЦ Казгидромета; Бельгибаев М.Е., зав. кафедрой АГУ, доктор геогр. наук; Голубцов В.В., канд. геогр. наук; Крюкова В.П., заведующая сектором международного сотрудничества и информации Казгидромета; Степанов Б.С., канд. техн. наук.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

№ 4

©

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

Подписано к печати 19.02.97 г. Формат бумаги 70 x 100 1/16.

Объем 12,3 п.л. Заказ 296. Тираж 500

Цена договорная

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

Қазақстан Республикасының
Гидрометеорология жөніндегі
Бас басқармасы

Главное управление
по гидрометеорологии
Республики Казахстан

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

Әр тоқсанда шығарылатын
ғылыми-техникалық журнал

№ 4

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный
научно-технический журнал

АЛМАТЫ
1996



СОДЕРЖАНИЕ

- А. М. Шамен, Г. Н. Чичасов**
Об основных результатах и перспективах развития исследований в области гидрометеорологии и окружающей среды в Казахстане 7
- И. О. Байтулин**
К разработке национальной стратегии и плана действий по сохранению и сбалансированному использованию биоразнообразия 29
- М. А. Мурадов**
О сопряженности синоптических ситуаций над Казахстаном и Средиземным морем 41
- Linsheng Cheng, Chuntao Liu**
Mesoscale numerical experiments of developing mechanism for the "93.5" black storm and parameterization of sand-dust transport 55
- О. С. Галаева, О. Е. Семенов, А. П. Шапов**
Об особенностях ветрового переноса песка в Аральском регионе 73
- С. А. Долгих, О. В. Пилифосова**
О методах оценки ожидаемых изменений глобального климата и сценарии изменения климата Казахстана 94
- О. Е. Семенов**
О стоке CO_2 в поверхностные водные резервуары Казахстана 110
- И. И. Скоцеляс**
О методах расчетов характеристик речного стока 122

В. В. Голубцов, В. И. Ли, И. И. Скоцеляс	
Об использовании модели формирования стока для оценки влияния антропогенных изменений климата на ресурсы поверхностных вод	132
В. И. Ли, В. П. Попова	
Оценка влияния хозяйственной деятельности на сток рек с использованием математической модели его формирования	138
А. М. Ермошкин	
О вычислении корней из целых чисел и уравнения Диофанта при математическом моделировании селевых потоков	144
Б. С. Степанов, А. Х. Хайдаров, Р. К. Яфязова	
О катастрофических явлениях в голоцене в бассейне реки Большая Алматинка	154
А. В. Белый	
О роли и тенденциях режима увлажнения в процессах очищения атмосферы над Алматинской областью	166
К. Ш. Фаизов, И. К. Асанбаев	
О нефтехимическом загрязнении почв и их экологических последствиях	183
КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ, СЕМИНАРЫ	194

CONTENTS

- Shamen A.M., Tchitchasov G.N.**
About main results and developing prospects of the hydrometeorological and environment researches in Kazakhstan 7
- Baitulin I.O.**
To development of the national strategy and action plan on conservation and biodiversity balanced use 29
- Muradov M.A.**
To entailing synoptical situations over Kazakstan and Mediterranean Sea 41
- Linsheng Cheng, Chuntao Liu**
Mesoscale numerical experiments of developing mechanism for the "93.5" black storm and parameterization of sand-dust transport 55
- Galaeva O.S., Semenov O.E., Shapov A.P.**
About particularities of wind sand transport in the Aral region 73
- Dolghih S.A., Piliosova O.V.**
To evaluation methods of expected global climate changes and Kazakstan climate change scenario 94
- Semenov O.E.**
About CO₂ runoff into the surface water reservoirs of Kazakstan 110
- Skotselyas I.I.**
To account methods of a river character runoff 122

**Golubtsov V.V., Lee V.I.,
Skotselyas I.I.**

About runoff forming model using for
evaluation of the anthropogenic cli-
mate change influence upon the sur-
face water resources 132

Lee V.I., Popova V.P.

Assessment of economic activity inf-
luence on river runoff using the
mathematical model of it's formation 138

Ermoshkin A.M.

About root calculation from integers
and a Diophant equation at mudflows
mathematical modeling 144

**Stepanov B.S., Haidarov A.H.,
Yafyazova R.K.**

On disastrous phenomena during Holo-
cene in the Large Almatinka river
basin 154

Belyi A.V.

About a role and tendencies of humi-
dity regime in the processes of at-
mosphere clearing over the Almaty
oblast 166

Faizov K.Sh., Asanbaev I.K.

About petrochemical soil pollution
and their ecological consequences 183

CONFERENCES, MEETINGS, SEMINARS 194

УДК [551.5:556:502].001.5 (574)

**ОБ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ И ПЕРСПЕКТИВАХ
РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В КАЗАХСТАНЕ**

Канд. экон. наук А.М.Шамен
Доктор геогр.наук Г.Н.Чичасов

В статье начальника Главного управления по гидрометеорологии Республики Казахстан и заместителя директора Казахского научно-исследовательского института мониторинга окружающей среды и климата (КазНИИМОСК) рассматриваются итоги работы подразделений Казгидромета в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды в условиях перехода к рыночной экономике.

Главное управление по гидрометеорологии Республики Казахстан, как и все национальные службы, преодолевают сложности вхождения в рыночную экономику. Недофинансирование из бюджета не позволяет в полном объеме осуществлять оперативную деятельность и выполнять научно-исследовательские работы по всем необходимым для Республики направлениям.

Работы в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды ведутся в КазНИИМОСК (ранее КазНИГМИ) - базовом НИИ Казгидромета. Работая в рамках системы Госкомгидромета СССР институт по ряду направлений был определен головной организацией. После образования новых независимых государств, наряду с сохранением указанных направлений, КазНИИМОСК оказался в роли единственной научной организации республики, проводящей исследования в области гидрометеорологии. Целый ряд проблем, решавшихся по сложившейся традиции в на-

учных центрах Российской Федерации и других странах СНГ, оказался возложенным на КазНИИМОСК. Среди них особое место занимают научно-методические вопросы, исследования в области метеорологии, климатологии, загрязнения природной среды, оценки ресурсов поверхностных вод. За прошедшие годы в институте выполнен комплекс разработок, создавших научно-методическую базу для дальнейшего развития многих направлений наук о Земле, решения актуальных практических вопросов функционирования различных отраслей экономики, совершенствования государственной сети гидрометеорологических наблюдений и прогнозов, а также для изучения состояния природных сред. Результаты исследований носят не только научно-прикладной, но и отчасти фундаментальный характер. Исследования обобщены в монографиях, справочниках, руководствах, наставлениях и широко используются в практике гидрометеорологического обеспечения хозяйства республики.

В институте за последние годы выполнено 30 НИР, из них 24 по заказу Казгидромета. При планировании и проведении НИР большое внимание уделялось разработкам прогностического характера. Из результатов, полученных в последние годы следует отметить исследования в области создания автоматизированной системы прогнозов погоды на месяц и сезон с большой заблаговременностью. Разработано автоматизированное рабочее место (АРМ) синоптика-долгосрочника и целый комплекс программ, обеспечивающих ввод информации из метеорологической базы данных "ЛАССО", ее первичную обработку и осуществление автоматического пополнения баз данных АРМ. В Бюро погоды передан метод и технология прогноза аномалий температуры воздуха, количества осадков и особых явлений на месяц и сезон с заблаговременностью до 12 месяцев. Разработан автоматизированный каталог синоптических ситуаций для прогноза опасных явлений погоды в Казахстане. Предложены принципы типизации и осуществлена каталогизация синоптических ситуаций, определяющих все многообразие условий погоды на

территории Казахстана. Подготовлен основной пакет программ для персонального компьютера по автоматизированному обеспечению справочных и прогностических функций каталога.

Вызывает тревогу загрязнение воздушного бассейна крупных городов Казахстана. Наблюдения показали, что в Жамбыле индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) в 1987 и 1988 годах поднимался до 74,9 и 45,7. В 1990 году наибольший ИЗА отмечался в Лениногорске и был равен 36,2. В 1991 году в Алматы из-за неблагоприятных метеорологических условий ИЗА поднимался до 51,2 [17].

По поручению Правительства Республики Казахстан N 21-5/6296 от 16 мая 1995 г. было заключено Соглашение о сотрудничестве между Главным управлением по гидрометеорологии и Акционерным обществом французской юрисдикции ОРИЗОН группы ЭНТЕК по осуществлению Проекта аудита окружающей среды городских промышленных зон городов Шымкента и Жамбыла. Координатором работ определен Казгидромет. В процессе осуществления проекта был проведен экологический аудит окружающей среды городских промышленных зон городов Шымкента и Жамбыла в районе расположения наиболее крупных промышленных предприятий (свинцовой, нефтеперерабатывающий, цементные заводы в г. Шымкенте и Ново-жамбыльский фосфорный завод, завод суперфосфатов в г. Жамбыле). Выполнена оценка влияния этих предприятий на загрязнение природной среды прилегающих территорий и на здоровье населения, проживающего в этих районах. Подготовлены предложения по необходимым мерам для снижения влияния данных предприятий на загрязнение окружающей среды и здоровье населения. В процессе выполнения проекта прошли обучение и подготовку во Франции 8 специалистов Казахстана из Гидрометслужбы и Минэкобиоресурсов.

Разработан автоматизированный метод прогноза средней областной урожайности картофеля в Северном Казахстане (для 5-ти областей Казахстана) с заблаговременностью 1-1,5 месяца. Создан метод

сверхдолгосрочного прогноза средней областной урожайности яровой и озимой пшеницы, а также зерновых и зернобобовых культур по 17 областям Казахстана. Полученные программные средства позволяют пополнять и контролировать данные и подключаться к АРМу синоптика-долгосрочника. Разработаны методы мониторинга и прогноза селей для бассейнов рек центральной части Заилийского Алатау. Создана концепция селевого мониторинга и базовой автоматизированной системы оповещения о селевой опасности. Разработаны методические указания по краткосрочному прогнозу количества жидких осадков в горах Заилийского Алатау и рекомендации по краткосрочному вероятностному прогнозу характеристик селей дождевого происхождения [13].

Разработан физико-статистический метод оценки уровней воды на гидрпостах дельты Урала в зависимости от стока реки и подпора, вызванного ростом уровня Каспийского моря. Выявлены закономерности проникновения нагонов в дельту Урала. Оценены площади возможного затопления и заливания дельты в условиях поднимающегося уровня Каспия, нагонов и высоких уровней в водостоках при прохождении половодья.

Проанализированы обязательства Сторон Венской конвенции и Монреальского протокола и условия их выполнения в случае присоединения Казахстана к этим международным правовым документам. Выявлены области использования и составлен перечень озоноразрушающих веществ, потребляемых в Казахстане, и регулируемых Монреальским протоколом. Предварительная оценка объемов потребления озоноразрушающих веществ показала, что ежегодная потребность в них составляет около 200 т. Промышленность республики использует эти вещества и их смеси, в основном, в холодильном оборудовании и его сервисном обслуживании, при работе горячих цехов, производстве пластмасс, промывке электронных плат, изготовлении растворителей и вспенивателей (галон). Непосредственного производства этих веществ в Казахстане нет, они импортируются в основном из

России. Из-за отсутствия положения о порядке импорта озоноразрушающих веществ и содержащей их продукции в Казахстан ввозится из стран дальнего зарубежья огромное количество таких изделий. Исследованы связи общего содержания озона с характеристиками атмосферной циркуляции. Выявлены районы Казахстана, которые с августа по ноябрь характеризуются минимальным содержанием озона.

Интенсивное освоение земель, чрезмерная и зачастую неумелая эксплуатация природных и прежде всего водных ресурсов, низкий уровень сельскохозяйственного производства в целый ряд других фактор существенно изменили климатические условия в различных регионах республики. Влияние антропогенных процессов на климат резко возросло в конце 50-х - начале 60-х годов. Наиболее угрожающий характер эти воздействия стали приобретать в Приаралье, зоне загрязнений выбросами Экибастузского топливно-энергетического комплекса, Семипалатинского ядерного полигона и космодрома Байконур. Определенный вклад в непреднамеренные изменения климата регионального масштаба внесли стихийные бедствия и технологические катастрофы. В результате совместного действия естественных и антропогенных факторов в последние годы на многих метеорологических станциях республики были отмечены абсолютные экстремумы температуры воздуха и количество осадков. Участилась повторяемость возникновения таких опасных явлений погоды, как засухи, поздние весенние и ранние осенние заморозки.

Среди многочисленных аспектов влияния производственной деятельности на состояние природной среды и климат рост концентрации в атмосфере парниковых газов, к которым относятся углекислый газ, метан, закись азота, фторхлоруглероды и некоторые другие газы занимает особое место [9]. В настоящее время хорошо известен тот факт, что за последние 50 лет наблюдалось быстрое увеличение содержания этих газов в атмосфере в связи с хозяйственной деятельностью человека, включая сжигание ископаемого топлива, изменений землепользо-

вания и других мероприятий. С этим явлением связывают, так называемое, глобальное потепление, т.е. повышение температуры воздуха у поверхности Земли, вызванное ростом парникового эффекта. С конца XIX столетия глобальная приземная температура воздуха возросла в среднем на $0,3-0,6^{\circ}\text{C}$ [2,7,11,21,23]. Эта тенденция сохраняется. Так по оценкам ВМО 1995 год оказался экстремально теплым. По мнению Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), основанных на данных моделей теории климата, если никаких ограничений на выбросы не будет, то средняя температура воздуха на земном шаре к концу столетия будет выше современной на 1°C , а к середине следующего - на 3°C . Это довольно значительные изменения. Согласно предположениям средние темпы потепления будут, вероятно, больше, чем они наблюдались за последние 10 тысяч лет [7,22,25]. В различных регионах потепление может проявляться по-разному, опережая или отставая от глобального, сопровождаясь изменениями в количестве осадков, повторяемости засух и других экстремальных погодных явлений [15,27]. В Казахстане за последние сто лет происходил рост средней температуры воздуха во все сезоны и за год в целом. По нашим расчетам, осредненная по всей территории температура воздуха за сто лет увеличилась приблизительно на 1°C , что в два раза превышает значение глобального потепления. Такое повышение, по-видимому, обусловлено изменением теплового баланса подстилающей поверхности в ряде регионов республики [5,8,9].

Результаты применения различных сценариев возможного изменения климата в республике Казахстан с использованием выходных данных численных моделей общей циркуляции атмосферы США и Канады, а также модели вероятностного прогноза КазНИИМОСК показали, что и в дальнейшем следует ожидать роста температуры воздуха [11,26,27]. Например, модель вероятностного прогноза уже на ближайшую перспективу (до 2010 года) дает повышение средней

по региону температуры воздуха примерно до 2 °С. От станции к станции рост температуры варьирует в пределах от 1,2 до 5,0 °С. На период удвоения концентрации углекислого газа анализ полученных сценариев показал, что все они предсказывают рост температуры в регионе от 3-5 до 8-12 °С. Максимальное потепление будет наблюдаться в весенние и летние месяцы на севере Казахстана. Осадки в большинстве случаев не должны выходить за пределы 80-120 %. Это самые общие рассуждения. Изменения климата неоднозначно протекают в пространстве и во времени. Такие изменения климата в регионе, естественно, повлияют на природные объекты и природоохраняющие отрасли экономики Казахстана. Оценка степени этого влияния, или другими словами - уязвимость, определялась для следующих объектов: урожайность пшеницы в северном Казахстане; водные ресурсы на примере отдельных речных бассейнов; продуктивность пастбищ и овец; площади лесов [24,27]. Количественная оценка изменений, которые могут произойти при ожидаемых по различным сценариям изменения климата, производилась с использованием специально созданных в США для этих целей моделей (Модель CERES Weat, DSSAT) или применения ранее разработанных специалистами нашего института моделей по прогнозу урожайности, стока и т.д. Для условий произрастания пшеницы полученное ухудшение агроклиматических условий вегетации составит около 40 % - для яровой пшеницы и 8-25 % - для озимой. Иными словами - более значительно может пострадать урожайность яровой пшеницы по сравнению с озимой, особенно в западных и северных областях Казахстана. Потери урожайности яровой пшеницы по расчетам специалистов будут значительными - 25-27 % по различным сценариям. Однако на ближайшую перспективу до 2030 года урожайность яровой пшеницы может возрасти на 31 %, а озимой пшеницы на 17-21 % от нынешнего уровня.

По оценкам [6,19,27] повышение температуры воздуха на 2 °С в весенний период вызовет повышение урожайности пастбищной растительности на

1,5-2 ц/га. Однако, дальнейший рост температуры приведет к ее снижению на 0,4 - 4,9 ц/га в зависимости от типа растительности. Растения с поверхностной корневой системой, усваивающей в основном влагу атмосферных осадков, могут быть подвержены наибольшим изменениям продуктивности, а по экстремальным сценариям климата растительность на отдельных пастбищных угодьях к концу 2050 года может исчезнуть. Ожидается усиление процессов опустынивания.

Овцеводство на юге и юго-востоке Казахстана оказывается уязвимым к изменению климата как в результате ухудшения кормовой базы - снижения урожайности пастбищной растительности, так и из-за непосредственного воздействия на организм животных увеличений продолжительности периодов с устойчиво жаркой погодой. Продолжительность этих периодов увеличивается на 27-57 дней по разным сценариям. Выход ягнят может снизиться на 5-10 % в Алматинской и Жамбылской областях, а в Южно-Казахстанской - на 20-26 %. Настриг шерсти снизится на 8-15 % в первых двух областях и на 17-21 % - в третьей [6,18].

Результаты оценки уязвимости водных ресурсов исследуемых бассейнов оказались сильно зависящими от сценариев изменения температуры воздуха и атмосферных осадков, полученных по разным моделям общей циркуляции атмосферы. В целом же, выводы состоят в том, что при удвоении содержания углекислого газа в атмосфере можно ожидать уменьшения водных ресурсов на 20-30 % и внутригодового перераспределения стока: в меженный период сток возрастет, во время половодья - уменьшится. Меньше должна быть и вероятность высоких половодий. Можно предполагать, что и водные ресурсы всего Казахстана будут существенно уязвимыми. Однако необходимо учитывать, что физико-географические условия по территории изменяются значительно [24].

Последствия возможного потепления климата для лесостепной зоны Казахстана в значительной степени не определены. Это связано как с несовер-

шенством моделей, используемых для оценки уязвимости лесного хозяйства к изменению климата, так и со сложностью самого процесса оценки. В целом можно ожидать сокращения лесных площадей. Для более успешного моделирования распределения лесов на территории республики необходимо привлечение моделей, учитывающих возможное дополнительное поступление воды с прилегающих к участкам леса территорий.

Таким образом, из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что потепление климата в Республике Казахстан может отрицательно сказаться на состоянии природной среды и природоёмких отраслях экономики. Поэтому, необходимо уже сейчас подготовиться к будущим изменениям климата путем разработки соответствующих стратегий адаптации [3,10,26]. Для уменьшения неопределенности результатов по изменению климата следует их дополнять и уточнять, обращая при этом особое внимание на статистическую значимость, полученных материалов [16].

Республика Казахстан ратифицировала Рамочную Конвенцию по изменению климата (РКИК) в мае 1995 г. Выполняя обязательства по РКИК (статья 4), Казахстан включился в работу по следующим основным направлениям: составление национального кадастра антропогенных выбросов парниковых газов; выработка рекомендаций по осуществлению подготовительных мер с целью адаптации к последствиям изменения климата; проведение исследований по оценке мер по ограничению антропогенных выбросов парниковых газов в различных секторах хозяйственной деятельности и разработка рекомендаций для принятия национальной политики в области ограничению антропогенных выбросов парниковых газов.

Результаты работы были высоко оценены американской стороной и представителями секретариата Рамочной Конвенции на семинаре стран Центральной Азии (ноябрь 1996 г.). Благодаря успехам, достигнутым Казахстаном в исследовании Изменений Климата Агенство по Охране Окружающей среды США с ок-

тября 1996 года продолжило сотрудничество с Казгидрометом по новой программе, цель которой - Подготовка Национального плана действий по климату.

Существенное значение придается исследованиям неблагоприятных с экологической точки зрения регионов. Особое внимание уделяется проблемам казахстанской части Приаралья и бассейну реки Сырдарья. Известно, что с конца 70-х годов даже в средние по водности годы речной сток не поступал в море, а незначительные объемы санитарных попусков использовались для обводнения дельтовых областей. Так с 1974 года практически прекратилось поступление в море вод р. Сырдарья. К концу 1987 года уровень моря снизился на 13 м и достиг критической отметки 40 м абс., при которой произошло разделение Аральского моря на два водоема - Большое и Малое моря. Переток воды из Малого Арала в Большой в многоводные 1993 г. и 1994 г. достиг 4,1 и 4,8 км³/год [4,20]. Среднегодовой уровень Малого Арала, начиная с 1987 г. по 1996 г. поддерживается на отметке 40,2 м абс. с объемом водной массы, равным 22,6 км³ и площадью водной поверхности 4913 км². Уровень Большого Арала в 1996 г. находится на 4 м ниже Малого Арала.

По данным О.Е.Семенова [4], на осушившейся части дна Аральского моря площадью около 30 тыс. км², формируются в основном солончаки и засоленные подвижные пески, ставшие очагами золотого выноса песка и солей на окружающие территории. В настоящее время на казахстанской части Приаралья образовались три мощных источника поступления в атмосферу песчано-солевых аэрозолей. Наиболее крупным и мощным из них остается площадный источник, протянувшийся вдоль восточного берега от дельты реки Сырдарья на юге до Акпеткинского архипелага. Вторым источником является дно бывшего залива Сарышиганак, а третьим стали обширные песчаные пляжи, образовавшиеся в районе острова Кок-Арал, где на космических снимках хорошо видны барханные формы рельефа [4,12].

Мощным поставщиком аэрозолей является восточный очаг, расположенный между дельтой Сырдарьи на севере и бывшим островом Уялы на юге. Он потенциально может поставить в атмосферу около 690 тыс. т/год песчано-солевого аэрозоля. Вторым по мощности стал Коккаральский - до 240 тыс. т/год. Из осушенного залива Сарышиганак может поступать в атмосферу до 190 тыс. т/год частиц твердой фазы. Однако сейчас большая часть поверхности дна залива пока находится в закрепленном состоянии и названный объем выноса аэрозолей следует ожидать только после начала развеивания донных отложений на всей его площади. Общий ежегодный вынос из всех трех очагов в среднем многолетнем с обеспеченностью 50 % достигает 1,1 млн т [4]. Источником аэрозолей стал и образовавшийся крупный остров на месте бывших островов Возрождения и Лазарева, но оценок его мощности пока нет. Содержание солевого аэрозоля во время песчано-солевых бурь, в пределах приземного слоя атмосферы по измерениям экспедиций института обычно бывает в пределах 1,0-1,7 % , поэтому массу солевого аэрозоля в потоках можно приблизительно оценить суммарно по всем трем источникам в 10000-20000 т/год. При очаге выветривания порядка 20-30 тыс. км² под его воздействие попадают площади свыше 500 тыс. км². Заметный в количественном отношении вынос аэрозоля прослеживается по космическим снимкам на расстояния до 300-400 км, а по численным моделям до 400-500 км.

Процесс солепереноса продолжается уже не первый год, поэтому ответная реакция экосистем в районах, подверженных такому влиянию, должна уже проявляться. Соляная пыль, переносимая ветром на большие расстояния, осаждаясь, вызывает ухудшение плодородия почв и падение урожайности пастбищной растительности, которая является одним из индикаторов воздействия усыхания Аральского моря на окружающую среду. Увеличение расстояний переноса следует ожидать при дальнейшем падении уровня моря, когда будут обнажены поверхности дна с тяже-

лым механическим составом, которые будут источниками поступления в атмосферные потоки более мелких частиц (< 10 мкм) [4].

Аральское море как природный объект со специфическими чертами экологической системы, перестало существовать. Принципиальные изменения произошли практически во всех составляющих гидрометеорологического, гидрохимического и гидробиологического режимов моря. Без преувеличения можно утверждать, что в конце 20-го века в Средней Азии и Казахстане произошла экологическая катастрофа по масштабам сравнимая с Чернобыльской.

В нижней части атмосферы Приаралья находятся примеси естественного и антропогенного происхождения. Первые попадают в воздух в результате ветровой эрозии почвы. В городах и населенных пунктах резко увеличивается процент содержания в воздухе веществ антропогенного происхождения. Валовый объем вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу от стационарных источников в течение года по Кызыл-Ординской области, составляет около 87 тыс.т, из них по г. Кызыл-Орде - около 63 тыс.т [4]. По данным экспедиционного обследования Казгидромета, в воздухе г. Кызыл-Орды средние концентрации пыли превышали допустимые нормы в 3 раза. Максимальные из разовых концентраций фтористого водорода достигали 7 ПДК, пыли - 5 ПДК. Только содержание диоксида азота и аммиака находилось в пределах ПДК [18].

Система наземных метеорологических наблюдений, осуществляющая в настоящее время мониторинг климата Приаралья, состоит всего из 9 станций. Полностью прекращены регулярные наблюдения за температурой и соленостью Аральского моря. Заметим, что в дальнейшем свертывания сети наблюдений в зонах экологических бедствий недопустимы. Без надежного мониторинга моря и климата окружающих его территорий все предпринимаемые усилия могут оказаться безрезультатными, поэтому организация надежной системы наблюдения в Приаралье отнесена к одной из первоочередных задач гидрометслужбы

республики. В настоящее время при участии международных организаций совместно с гидрометеорологическими службами Кыргызстана, Туркменистана и Узбекистана Казгидромет принимает участие в проекте 2.1 Всемирного банка "Региональная унифицированная система гидрометеорологической информации, учета и прогноза водных ресурсов и мониторинга состояния природной среды в бассейне Аральского моря". По этому проекту получены от доноров Великобритании и внедряются в деятельность Казгидромета аппаратно-программные комплексы:

- LARST - система для приема и обработки цифровых данных с метеорологического спутника Земли NOAA для оперативного гидрометеорологического обслуживания и мониторинга природной среды;

- HYDATA - система управления гидрологическими данными с целью учета и управления водными ресурсами;

- CLICOM - система управления и обслуживания климатическими данными.

До конца текущего года ожидается поступление аппаратно-программного комплекса по приему, обработке и распространению спутниковой информации в рамках Программы добровольного сотрудничества со швейцарской фирмой TANAVIA. Специалисты Казгидромета прошли соответствующее обучение по эксплуатации вышеуказанных систем за счет страны-донора.

В рамках этого проекта предполагается оснастить швейцарским оборудованием один гидрологический пост и для обработки результатов наблюдений поставить в ЦГМ вычислительную технику. Казахской стороне будет передана 31 радиостанция и две передвижные лаборатории для ремонтных и профилактических работ средств связи наземной гидрометеорологической сети. КазНИИМОСК совместно с САРНИГМИ будет проводить испытание и внедрение двух методов: оценки талого стока и измерения расходов воды способом разбавления (трассеров) в горных реках, разработанных швейцарской гидрологической службой. Для выполнения этих работ будет осуществлена поставка соответствующей вычисли-

тельной техники, программных средств и оборудования.

Другой чрезвычайно важной проблемой для Казахстана является повышение уровня Каспийского моря и связанные с ним вопросы. Современное повышение уровня Каспийского моря продолжалось в течение 18 лет (1978-1995 гг.). За это время уровень повысился на 2,5 м и к началу 1996 г. достиг отметки минус 26,62 м. Средняя интенсивность его подъема за этот период составила около 14 см/год. Наиболее интенсивное повышение уровня наблюдалось в 1979 г. (0,31 м), в 1990 г. (0,36 м), в 1991 г. (0,29 м) и в 1994 г. (0,28 м). Подъем уровня (1978-1995 гг.) не является исключительным явлением [14]. Аналогичные по высоте и средней интенсивности повышения уровня наблюдались в XVIII веке, когда за период с 1723 г. по 1742 г. (19 лет) уровень моря поднялся почти на 2,5 м [17]. Затем он начал снижаться. Исследования показывают, что трансгрессии на Каспии не развиваются непрерывно, а чередуются с периодами стабилизации и некоторого понижения уровня. Следует отметить, что длительные группировки повышенных (или пониженных) его значений осуществляются чрезвычайно редко. В конце 1994 года специалистами Казгидромета был составлен прогноз уровня Каспийского моря, в котором предполагалось, что в 1995 году подъем уровня замедлится, а в 1996 году прекратится. Результаты наблюдений подтвердили правильность этих прогнозов. Так в 1995 году подъем уровня составил всего около 2-3 см, а в 1996 году отмечалось его падение. Предполагается, что к концу текущего года уровень моря понизится до отметки минус 26,9 м [14].

В Республике Казахстан застроенные, заселенные и занятые промышленными объектами территории, составляют от общей затопливаемой площади побережья от 4 до 6 %, а земли сельскохозяйственного назначения 25 %. В зону воздействия наступающего моря попадают крупные промышленно-территориальные комплексы: Атырауский, Тенгизский, Бузачинский,

Актауский, с городами Атырау, Форт Шевченко, Актау и поселок Балыкши, в которых размещено большинство предприятий района. Наиболее крупными являются Мангистауский атомный энергокомбинат, нефтеперерабатывающий, химический, судоремонтный заводы. Под угрозой затопления находится более 30 нефтепромыслов, месторождения нефти и газа, обводные каналы и гидросооружения, автодороги, участки железной дороги, аэропорт и морские порты в Атырау и Баутино. В зону затопления попадают гидрометеорологические станции Форт Шевченко, Кулалы, Остров Пешной [17,18].

КазНИИМОСК совместно с Датским гидравлическим институтом Аальборгского университета разрабатывает проект "Предупреждение затопления Атырауской области и система защиты". Основной целью проекта является разработка метода прогнозирования внезапного затопления и подготовка рекомендаций по защите казахстанских низменностей прибрежной полосы Каспийского моря и, в частности, территории Атырауской области от затопления. В рамках проекта установлены датские самописцы уровня воды на акватории Каспийского моря и на острове Пешной. Проведено обучение казахстанских специалистов работе на датском оборудовании. Освоена модель подъема уровня моря, разработанная специалистами Аальборгского университета. Закончена калибровка модели для двух характерных типов нагона в Атырауской области.

При проведении исследований было установлено, что во время ветровых нагонов морской воды на побережье Каспия его уровни могут повышаться по сравнению с фоновыми значениями на 0,7-2,6 м в зависимости от геоморфологических условий побережья и скорости ветра. Произведено районирование казахстанского побережья моря по высоте ветровых нагонов морской воды. Расчеты также показали, что в условиях современного подъема уровня его значения в 1995 г. и 2000 г. с доверительной вероятностью 96 % не превысят отметок соответственно минус 26,5 и минус 26,3 м, а с доверительной ве-

роятностью 98 % соответственно минус 26,6 и минус 26,1 м [14].

Наблюдения за загрязнением вод бассейна Северного Каспия проводятся Экоцентром КазНИИМОСК по гидрохимическим и гидробиологическим показателям. Гидрохимические съемки осуществляются в устье и на взморье р. Урал, в морском судоходном канале и в районе Тенгизского месторождения. В морских водах определяются до 30-ти показателей качества. Результаты анализов свидетельствуют о существенном загрязнении Каспийского моря. Так, по состоянию на 1994 год в воде зарегистрировано: кадмия - 2 ПДК, свинца - 5-11 ПДК, железа (общего) - 4 ПДК, никеля - 5-6 ПДК; нефтепродуктов - 2-3 ПДК, фенолов 1-2 ПДК. Содержание азота аммонийного (в летний период) на взморье р. Урал достигает 60 ПДК, а в районе Тенгизского месторождения - 90 ПДК, нитритов в морском судоходном канале - 35 ПДК, нитратов - 25 ПДК. В зимний период их содержание находится в пределах допустимых норм. Это связано с внесением в почвы минеральных удобрений и поступлением дренажных вод в реки [18].

Результаты хозяйственной деятельности отрицательно отразились и на состоянии оз. Балхаш и прилегающих к нему районах. Уровень воды в озере стал быстро понижаться, достигнув в 1987 году наиминишей отметки за весь период наблюдений. Значительно повысилась минерализация воды в западной части водоема, наиболее важной в хозяйственном отношении. На обсохших участках дна начали развиваться процессы дефляции. В дельте р. Или частым явлением стали зимние разливы воды, наносящие ущерб сельскому хозяйству, увеличились относительные потери стока, начался процесс опустынивания. Ухудшилось качество речной и озерной воды. Созданные условия оказались неблагоприятными для воспроизводства рыбных запасов и обитания ондатры. Это привело к болезням рыб и сокращению численности ценных видов. Практически потеряло промысловое значение ондатроводство. Под угрозой

оказалось существование озера как единого водоема, поскольку площадь орошаемых земель к 2000 году планировалось довести до 1 млн га, а водозаборы - до 8,1 млрд м³/год [1].

С 1988 года в озере начался подъем уровня воды. К середине 90-х годов повышение уровня по сравнению с его наименьшей отметкой достигло почти 1 м. Однако, сколько будет продолжаться этот подъем, неизвестно. Возможно он окажется непродолжительным. Многие будут зависеть от темпов роста водопотребления на территории КНР. Некоторое влияние на водные ресурсы бассейна оз. Балхаш и на состояние последнего может оказать потенциальное изменение климата, обусловленное выделением в земную атмосферу парниковых газов. В связи с этим состояние озера и ситуация в Прибалхашье в целом все время должны находиться под контролем, для чего необходим мониторинг окружающей среды, включающий достаточную сеть наблюдений и продолжение научных исследований.

Оперативно-производственная деятельность Главного управления по гидрометеорологии Республики Казахстан и его ведомственных организаций в 1994-1995 гг. проходила на фоне сложных экономических, политических и социальных преобразований, в условиях дальнейшего перехода к рыночной экономике. Однако, подводя итоги этих лет, можно сказать, что, несмотря на определенные трудности, связанные с экономическим положением, сложившимся в республике, и отсутствием достаточных средств для обеспечения нормальной и устойчивой жизнедеятельности сетевых и оперативно-производственных подразделений, Казгидромет в целом выполнил возложенные на него основные задачи.

В связи с этим большое значение уделяется вопросам оценки экономической эффективности использования гидрометеорологической информации в экономике страны. Основные трудности связаны с тем, что масштабы ущерба или элементы платежных матриц не известны. Что же касается ассигнований, направленных на научные исследования, то исполь-

зование их результатов обеспечивает экономию капитальных или эксплуатационных затрат, по самым скромным подсчетам, в 2,5-5,0 раз превышающие расходы на выполнение этих исследований. Ориентировочные расчеты показали, что большую половину всего экономического эффекта гидрометеорологического обслуживания достигается в сельском хозяйстве, например прогноз на вегетационный период и прогноз урожайности яровой пшеницы в этом году полностью оправдались. Существенный экономический эффект дает также учет авиационных прогнозов по пункту посадки и использования различных материалов в строительном проектировании и районировании территории.

Немаловажное значение для оценки эффективности гидрометеорологического обслуживания имеет изучение возможных вариантов использования различными потребителями прогностической и климатической информации. К сожалению, следует отметить, что организационно-технический уровень управления хозяйством в сочетании с теми трудностями, которые страна испытывает в настоящее время, весьма далек от современных требований. При принятии важных хозяйственных решений не всегда учитывается долговременная метеорологическая информация, что является одним из резервов повышения эффективности производства. Это связано с целым рядом причин, в том числе и с недостаточным уровнем подготовки руководителей предприятий всех рангов. Даже те, которые используют метеорологическую информацию в деятельности своих организаций, всей предыдущей практикой приучены к прогнозам категорической формы и слабо представляют сущность вероятностных предсказаний. Немаловажное значение в этом играет и неумелое применение различных хозяйственных стратегий. Так, не все потребители достаточно четко себе представляют, что в использовании прогностической информации наряду с полным доверием возможны и другие стратегии. Например, при предсказании фазы погоды, имеющей достаточно высокую оправдываемость, нужно действовать

в соответствии с прогнозом, а при предсказании других фаз - ориентироваться на климатические показатели. Возможна и комбинированная стратегия, при которой предсказанные количественные значения предиктанта корректируются с учетом асимметрии функции ущерба потребителя, т.е. с учетом того, что погрешности прогнозов одного знака для него более болезненны, чем другого.

Возможно, в том, что прогностическая и режимная информация используется не в должной мере, виноваты сами метеорологи, недостаточно работающие с потребителями. Вероятно, при публикации прогнозов, особенно альтернативных и фазовых, имело бы смысл для характеристики их надежности помещать и матрицы сопряженности. Нет сомнения, что при более высоком организационно-техническом и культурном уровне руководства производством, когда будут исчерпаны другие резервы повышения эффективности его деятельности, очередь дойдет и до более активного использования долговременной метеорологической информации, которая станет тогда реальной производительной силой. В условиях рынка это должно произойти гораздо быстрее, чем при эволюционном преобразовании существующей системы управления хозяйством, и специалисты Службы к этому должны быть готовы.

Есть все основания предполагать, что при оптимальном финансировании службы и ее техническом переоснащении качество прогнозов и предупреждений о стихийных и опасных явлениях погоды возрастет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы гидрометеорологии озера Балхаш и Прибалхашья / Под ред. И.И. Скоцеляса. - СПб.: Гидрометеоздат, 1995. - 263 с.
2. Антропогенные изменения климата / И.И. Борзенкова, М.И. Будыко, Э.К. Бютнер и др. - Л.: Гидрометеоздат, 1987. - 407 с.

3. Байтулин И.О. О системном подходе к сохранению и сбалансированному использованию биоразнообразия // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 2. - С. 188-206.
4. Гидрометеорологические проблемы Приаралья / Под ред. Г.Н. Чичасов. - Л.: Гидрометеиздат, 1990. - 247 с.
5. Долгих С.А. О многолетних тенденциях термического режима на территории Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 3. - С. 68-77.
6. Кожахметов П.Ж., Байшоланов С.С., Шамен А.М. Об уязвимости овцеводства в связи с изменением климата // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 3. - С. 65-76.
7. Колебания климата за последнее тысячелетие / А.А. Абрамова, Т.Г. Битвинскас, Е.П. Борисенков и др. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 408 с.
8. Мирвис В.М., Гусева И.П., Мещерская А.В. Тенденции изменения временных границ теплого и вегетационного сезонов на территории бывшего СССР за длительный период // Метеорология и гидрология. - 1996. - № 9. - С. 106-116.
9. Мещерская А.В., Белянкина И.Г. Тренды температуры воздуха в основных зернопроизводящих районах СССР за период инструментальных наблюдений // Тр. ГГО. - 1989. - Вып. 525. - С. 26-38.
10. Монокрович Э.И., Тулина Л.П., Чичасов Г.Н. О проблеме адаптации народного хозяйства Казахстана к изменениям климата // Вестн. АН КазССР, 1990. - № 10. - С. 44-51.
11. Об исследовании влияния глобального потепления на природные ресурсы и экономику Казахстана и действиях по смягчению негативных последствий возможных изменений климата / И.Б.Есеркепова, О.В.Пилифосова, Г.Н.Чичасов, А.М.Шамен // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 2. - С. 58-75.

12. Семенов О.Е. Радиационнобалансовая модель плоскостных источников пыления поверхностей и оценка фоновых сухих выпадений // Гидрометеорология и экология. - 1996. - N 3. - С. 38-44.
13. Степанов Б.С., Степанова Т.С. Механика селей. - М.: Гидрометеоздат, 1991. - 379 с.
14. Садыков Ж.С., Голубцов В.В., Куандыков Б.М. Каспийское море и его прибрежная зона. - Алматы: Олке, 1995. - 211 с.
15. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. - СПб.: Гидрометеоздат, 1991. - 304 с.
16. Чичасов Г.Н. Численные методы обработки и анализа информации. - Алматы, 1995. - 108 с.
17. Шамен А.М. Вопросы гидрометеорологического мониторинга казахстанского сектора Каспийского моря // Гидрометеорология и экология. - 1996. - N 2. - С. 77-86.
18. Шамен А.М. Гидрометеорология и мониторинг природной среды Казахстана. - Алматы: Галым, 1996. - 295 с.
19. Шаменов А.М. Об актуальных проблемах агрометеорологии Казахстана // Гидрометеорология и экология. - 1995. - N 4. - С. 60-75.
20. Шаменов А.М. О развитии гидрометеорологического и экологического мониторинга в бассейне Аральского моря // Гидрометеорология и экология. - 1995. - N 3. - С. 136-144.
21. Broecker W.S. Massive icebergs discharges as triggers for global climate change // Nature. - 1994. - Vol. 372, N 6505. - P. 421-424.
22. Costro G.F. Principales consecuencias de la reduccion de la capa de ozono // Quim. e ind. - 1995. - Vol. 42, N 11. - P. 42-47.
23. Dominant influence of atmospheric circulation on snow accumulation in Greenland over the past 18000 years / W.R. Kapsner, R.B. Alley, C.A. Shuman et. al. // Nature. - 1995. Vol. 373, N 6509. - P. 52-54.
24. Golubtsov V.V., Lee V.I., Scotselyas I.I. Anthropogenic climate change and reduction of

- water resources: adaptation issues related to the economy in Kazakhstan / Joel Smith et.al. (Ed.) // Adapting to Climate Change. Assessment and Issues. - NY: Springer, Inc., 1996. - P. 225-231.
25. Kotilainen A.T.; Shackleton N.J. Rapid climate variability in the North Pacific Ocean during the past 95000 years // Nature. - 1995. - Vol. 377,, N 6547. - P. 323-326.
26. Pilifosova O.V., Eserkepova I.B., Dolgih S.A. Climate change scenarios under global warming in Kazakhstan // Climate change. - 1996. - Vol. 21. - Supplement 1. - P. 11-18.
27. Vulnerability and Adaptation Assessment for Kazakhstan. O.V. Pilifosova, I.B. Eserkepova, S.A. Mizina, G.N.Chichasov et.al. / Stephanie Lenhart et.al. (Ed.) // Vulnerability and adaptation to climate change. A synthesis of results form the Us Country Studies Program, 1996. - P. 161-181.

Главное управление по гидрометеорологии
Республики Казахстан

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ҚАЗАҚСТАНДА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ЗЕРТТЕУЛЕРДІҢ НЕГІЗГІ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ДАМУ БОЛАШАҒЫ ТУРАЛЫ

Экон. ғ. канд. А.М.Шәмен
Геогр. ғ. докт. Г.Н.Чичасов

Қазақстан Республикасының гидрометеорология жөніндегі Бас басқармасының бастығы және Қазақтың қоршаған орта мониторингісі және климат ғылыми зерттеу институтының (ҚазҚОМКҒЗИ) директорының орынбасары жазған мақаласында сауда экономикасына көшу жағдайында Қазгидромет бөлімшелерінің гидрометеорология және қоршаған орта мониторингісі арнасындағы жұмыстардың нәтижелері қаралынды.

УДК 502.33:338.26.(574)

**К РАЗРАБОТКЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ И ПЛАНА
ДЕЙСТВИЙ ПО СОХРАНЕНИЮ И СБАЛАНСИРОВАННОМУ
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БИОРАЗНООБРАЗИЯ**

Академик МН-АН РК И.О. Байтулин

Обосновывается необходимость системного подхода к разработке Национальной стратегии и плана действия по выполнению Конвенции по биологическому разнообразию. Такой подход должен найти отражение не только в управленческой деятельности по сохранению и сбалансированному использованию биоразнообразия в природных условиях, а также сортов культивируемых растений и пород домашних животных. Разработана схема и перечень приоритетных вопросов, необходимых для включения в стратегию и план действия.

В 1994 году Республика Казахстан ратифицировала Конвенцию по биологическому разнообразию, подписанную на конференции ООН по экологии и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 году. Тем самым Республика взяла обязательство по выполнению этой Конвенции и, соответственно, по разработке Стратегии и плана действий. Министерство экологии и биоресурсов по поручению Правительства Республики Казахстан создало временный творческий коллектив, который и приступил к выполнению данной работы. Поэтому необходимо концептуально осмыслить предполагаемое содержание этого документа, рассмотреть основные подходы к решению проблем в области сохранения и сбалансированного использования биологического разнообразия страны.

Биологическое разнообразие включает виды, внутривидовые формы и популяции всех типов расте-

ний, микроорганизмов и животных, а также экосистемы, распространенные как в естественных условиях, так и сортов, пород, линий и штаммов живых организмов, культивируемых, выращиваемых и разводимых человеком. Биологическое разнообразие, наряду с воздухом, водой и землей является одним из главных условий существования человека.

В Республике Казахстан до сих пор не разработаны на основе системного подхода эффективные правовые и экономические меры сохранения и сбалансированного использования биологического разнообразия. Поэтому, прежде всего, необходимо разработать научно обоснованные Республиканскую Стратегию и план действия по сохранению и сбалансированному использованию биологического разнообразия, которые должны стать отдельным блоком Национальной экологической программы, являющейся, в свою очередь, неотъемлемой составной частью "Национальной стратегии устойчивого развития страны". Только при таком подходе, когда принцип гармонизации проблем экономики и экологии в развитии общества возводится в общегосударственный ранг, меры стабилизации экологии и сохранения биоразнообразия будут более эффективными [1].

Стратегия и план действий по сохранению и сбалансированному использованию биоразнообразия должны охватывать все вопросы Конвенции и способствовать улучшению благосостояния людей, поддержанию разнообразия экосистем, содействовать широким целям устойчивого развития общества.

В процесс разработки Национальной стратегии и плана действий должны быть вовлечены как можно больше участников, специалистов из различных отраслей науки, производства, общественной сферы и движений, представители местных органов. Сама стратегия, после завершения ее разработки, должна пройти общественные слушания. Успех плана действия зависит от уровня принятия решения. Поскольку стратегия по выполнению Конвенции войдет в составную часть Национального плана действий по охране окружающей среды, являющейся подсистемой

общего плана устойчивого развития, решение об исполнении должно быть принято на самом высшем уровне управления страной.

Национальная стратегия сохранения и сбалансированного использования биоразнообразия относится к системе управления и должна представлять собой совокупность подсистем, отражающих отдельные стороны управления: цели, функции, методы, органы, кадры, технику и технологию и т. д. Предназначение ее - выработка и осуществление управляющего воздействия на сохранение и сбалансированное использование биоразнообразия в соответствии с потребностями общества и объективными законами развития жизни на земле - биосферы. Эффективность же Системы управления, как отмечают многие исследователи, оценивается с точки зрения показателей ее функционирования и результатов деятельности объектов управления [2].

Сбалансированное использование биоресурсов требует правового регулирования взаимоотношений между ресурсопотребителями и ресурсовладельцами, между ресурсопотребителями и местным населением, традиционно пользующимися биоресурсами на своей территории. Поэтому необходимо правовое решение этих проблем. Законодательно должны быть закреплены: размер компенсации за нанесенный ущерб состоянию биоразнообразия; ответственность землевладельцев и землепользователей за сохранение биобъектов, внесенных в Красную книгу; права местного населения на биоресурсы, расположенные на их территориях.

Таким образом, вопрос о сохранении и сбалансированного использования биоразнообразия, инвестирование в биоресурсы и доступ к ним, передача и получение технологии, равное использование выгод от использования биоразнообразия между инвесторами и владельцами, защита прав местного населения, частника, общин, определения их обязанностей в сохранении и сбалансированном использовании этих ресурсов требуют разработки социальной политики и правовых основ.

Начальным этапом разработки мер по сохранению и сбалансированному использованию биоразнообразия является фундаментальный учет и анализ его состояния. Только проведя инвентаризацию и имея систематизированный свод сведений о биоразнообразии, можно будет разработать эффективные меры по осуществлению положения Конвенции в этом направлении. В Казахстане не завершены работы по лишайникам, мхам, альгофлоре, фитоценозам в области ботаники, энтомофауне - в области зоологии. Одной из первоочередных задач является восполнение этих пробелов.

Одновременно с инвентаризацией необходима оценка состояния биоразнообразия, степени антропогенной деградации биогеоценозов и генетической эрозии. Как известно, на воздействие среды обитания организмы реагируют прежде всего количественными изменениями в популяциях и сообществах. Использование количественных подходов для изучения динамических процессов позволяет выяснить их состояние. При этом наиболее объективную оценку состояния дает определение состава возрастной ценопопуляции, являющейся индикатором динамического состояния видов.

Для сохранения вида требуется не только охрана его самого, но и поддержание его места в системе, стабильное состояние сообщества. Любой биологический вид не существует независимо от других. Совместное историческое развитие привело к установлению специфических отношений между различными совместно существующими видами на определенном пространственном протяжении и времени. Они исторически подоignаны друг к другу, взаимозависимы и образуют некое сообщество живых организмов на определенной территории, составляющей в совокупности биогеоценоз или экологическую систему.

В этой исторически сложившейся природной системе биологические компоненты гармонично встроены, пространственно размещены, дифференцированно используют ресурсы абиотической среды во времени и в пространстве. Поэтому чем стабильнее

эта система, тем прочнее и состояние входящих в нее видов и популяций. Стабильность системы, в свою очередь, зависит от многообразия составляющих ее элементов. Поэтому и в живой системе "Разнообразие ведет к стабильности, а, следовательно, к снижению вымирания. Уровень видового разнообразия обладает, таким образом, положительной обратной связью: чем больше видов, тем меньше скорость вымирания и тем быстрее возрастет разнообразие" [3]. Отсюда понятно, что нельзя допускать потери ни одного компонента из биогеоценоза. Потеря компонентов ведет к дестабилизации исторически сложившихся отношений, а, следовательно, к нарушению системы функциональной деятельности.

К сожалению, в подавляющем большинстве случаев к проблеме охраны живой природы подходят не системно, а на популяционном и видовом уровнях, что в корне неправильно. Внимание прежде всего, должно быть обращено на экосистему, исторически обусловленным компонентом которой является охраняемые объекты - популяция, экосистема, вид. С другой стороны, устойчивость системы зависит от саморегулирующего ее механизма, который обусловлен ее организацией. Принцип организации сообщества - это исторически обусловленное распределение компонентов по экологическим нишам, как области многомерного пространства фактора, занимаемой популяцией конкретного вида [6]. Эти факторы: внутренние, связанные с взаимодействием видов; ресурсные, определяемые непосредственно вещественно-энергетическими отношениями; условия среды, регулирующие эффективность использования ресурсов конкретной популяцией, собственное характерное время популяции вида и ее характерное пространство [4].

Структурная целостность, функциональная стабильность определяют устойчивость сообщества и устойчивое сосуществование видов, что достижимо, если их компоненты пользуются принципиально различными ресурсами экотопа. Как отмечают Ю.Г. Пузаченко, А.Г. Санковский [4] "Система устойчива,

если скалярные произведения векторов, образованных коэффициентами чувствительности у разных видов, близки к нулю. Следовательно, каждый вид в свою очередь наиболее интенсивно использует свой видоспецифический ресурс, в то время ресурсы, интенсивно используемые другими видами, являются для него лишь дополнительными или факультативными, тем самым каждый вид занимает свою нишу за счет преимущественной чувствительности по отношению к определенному видоспецифическому фактору".

Для эффективного сохранения биоразнообразия необходимо сосредоточить все внимание прежде всего на охране экосистем, целых географических ландшафтов. Нет сомнения, что это возможно в основном путем организации заповедников и заказников, национальных парков и других охраняемых территорий и рационального использования природных биологических ресурсов.

Сбалансированное использование биоразнообразия предполагает изъятие особей, не допуская снижения оптимальной их численности в конкретных ценозах, заготовку частей растений с учетом их отрастающей способности и режимное использование биологических угодий без снижения их самовосстанавливающей способности.

Меры сохранения и воспроизводства биоразнообразия многообразны. В последние годы придается большое значение созданию банка гермоплазмы. Эта деятельность из сферы природоохранной переходит в коммерческую. Генофонд становится валютным эквивалентом. В этих условиях слаборазвитые страны, защищая свои интересы, формируют Национальные программы резервирования растительной гермоплазмы. Такие программы ориентируются не только на краткосрочную, но, главным образом на долгосрочную отдачу - обеспечение генетического "суверенитета" и генетического потенциала для экономического и социального развития страны.

Сохранение видового разнообразия осуществляется не только *in situ*, но в некоторых случаях неизбежен и в *ex situ*, особенно когда существует ре-

альная угроза вымирания их в результате действия природных опасных явлений или антропогенных воздействий. Поэтому необходимо определение роли ботанических садов, питомников, дендрариев, зоопарков, значение интродукционных работ, трансграничного переноса организмов.

Не всеми правильно понято положение Конвенции относительно интродукции. Статья 8 Конвенции гласит, что Договаривающаяся Сторона "предотвращает интродукцию чужеродных видов, которые угрожают экосистемам, местам обитания или видам, контролирует или уничтожает чужеродные виды" [5]. К сожалению, на основе этого положения предпринимаются попытки вообще запретить интродукционную деятельность. Интродукционный материал обогащает генофонд страны и увеличивает ее биоресурсный потенциал. Но подход к интродукционной деятельности должен осуществляться с учетом диапазона экологической амплитуды экзотических видов, их конкурентоспособности и агрессивности, чтобы недопустить их натурализации и внедрения в природную экосистему.

Конвенция придает важное значение проблемам реабилитации деградированных природных систем в разработке мер сохранения и сбалансированного использования биоразнообразия.

При этом следует учесть, что "теоретические представления об организации биологических систем опираются на концепции экологической ниши, как области многомерного пространства факторов, занимаемой популяцией конкретного вида [5]. Восстановление деградированных, флористически фитоценотически неполноценных пастбищ и других растительных угодий требует широкой постановки в зональном аспекте экспериментальных фитоценологических исследований. При этом надо исходить из того, что восстановление деградированных экосистем — это прежде всего восстановление их целостности, флористической и фитоценотической полноценности. Поддержание и восстановление целостности, а, следовательно, функциональной устойчивости, в осо-

бенности представительных или, как принято говорить, ландшафтных экосистем во многом определяет экологическое равновесие.

Пополнение генофонда страны осуществляется не только за счет интродукции, традиционных селекционных работ, но и путем генетического изменения организмов биотехнологическими методами. Эти организмы, не прошедшие длительного изучения их конкурентоспособности, могут принести огромный ущерб биоразнообразию страны. Поэтому важно осуществление строгого слежения за трансграничным переносом всех биологических объектов, включая и генетически измененные биотехнологическими мерами организмов, контроля за научными разработками в области биотехнологии

Необходимо придать общегосударственное значение сохранению генофонда, созданию банка гермоплазмы редких, исчезающих видов и форм растений, музея микроорганизмов, специализированных хозяйств по сохранению и периодическому воспроизводству стародавних местных сортов сельскохозяйственных растений и пород животных. Обладающие высококачественными свойствами и хорошо адаптированные к местным условиям, они являются ценным материалом в селекционной работе.

Сохранение и сбалансированное использование биологического разнообразия, включая внутривидовые формы и популяции, виды и экосистемы, сорта, линии и породы, штаммы микроорганизмов составляют единую задачу. Поэтому стратегия действия должна быть представлена системно, в которой все элементы находятся в отношениях и теснейших взаимосвязях друг с другом, образуя целостную структуру.

В разрабатываемую стратегию должны быть включены следующие вопросы:

- проведение полного учета биоразнообразия и оценка динамического их состояния;
- осуществление мониторинга за состоянием компонентов биологического разнообразия;
- создание системы охраняемых территорий в целях сохранения биологического разнообразия;

- меры реабилитации и восстановления деградированных экосистем;
- сохранение диких сородичей культурных растений в стране их происхождения;
- сохранение генофонда местных пород сельскохозяйственных животных и сортов сельскохозяйственных культур;
- создание банка гермоплазмы редких и исчезающих видов растений;
- роль ботанических садов в сохранении редких видов растений и их интродукций, исчезающих видов растений;
- оказание местному населению поддержки в разработке и осуществлению мер по восстановлению положения в пострадавших районах, в которых произошло сокращение биологического разнообразия;
- поощрение и стимулирование исследований, содействующих сохранению и сбалансированному использованию биологического разнообразия;
- разработка и осуществление программы научно-технического обучения и подготовки кадров для осуществляемых мер по оценке состояния, сохранению и сбалансированному использованию биологического разнообразия;
- разработка мер предотвращения интродукции чужеродных видов, которые угрожают экосистемам обитания и видам, контролирования и уничтожения таких чужеродных видов;
- содействие обмену информацией, касающейся сохранения и сбалансированного использования биологического разнообразия;
- принятие законодательных, административных и политических мер по обеспечению проведения совместных биотехнических исследований Договаривающимися Сторонами;
- разработка соответствующих процедур в области безопасной передачи, использования и применения любых живых, измененных биологическими методами, организмов, способных оказать неблагоприятное воздействие на сохранение и устойчивое использование биологического разнообразия;

- основные подходы к оценке динамического состояния экосистем и типизация их по степени деградации;

- принципы и основные подходы к разработке стоимости компонентов биоразнообразия;

- принципы государственного контроля за использованием компонентов биоразнообразия;

- разработка положений о правах и обязанностях местных общин и коренного населения в сохранении и сбалансированного использования биоразнообразия;

- компенсационные меры от нанесения ущерба биологическому разнообразию;

- правовые основы сохранения и сбалансированного использования биоразнообразия;

- разработка нормативных основ мер сохранения и рационального использования пастбищных и сенокосных природных угодий лекарственно-технических растений.

Разработка нормативных основ природопользования крайне важна в использовании биоресурсов без ущерба их самовосстановительной способности.

Предсказывается, что потепление климата и изменение осадков ожидаемое к 2100 г., приведет к трансформации около одной трети экосистем, преобразованию лесных сообществ в травянистые, уменьшению биоразнообразия [7]. Предпринимаются меры для изучения влияния глобального изменения климата на биоразнообразие [8]. Поэтому желательно включение этой проблемы в научно-исследовательский блок стратегии.

Стратегия и план действия по сохранению и сбалансированному использованию биологического разнообразия не краткосрочные меры, а долгосрочная, кропотливая и многоплановая работа, требующая соответствующих корректировок по мере возникновения новых ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байтулин И.О. Гармонизация проблем экономики и экологии в развитии общества // Изв. НАН РК. Сер. биол.- 1993. - N 1.- С. 3-8.
2. Бронников Ю.Н. Система Управления, БСЭ. - М.: Изд-во Советская энциклопедия. - 1976. - Т. 23.- С.468-469.
3. Джиллер П. Структура сообществ и экологическая ниша. - М.: Мир, 1988. - 184 с.
4. Пузаченко Ю.Г., Санковский А.Г. Анализ организации растительного покрова методами ординации // Журнал общей биологии. - М.,Наука, 1992. - Т. 53, N 6. - С. 757-773.
5. Конвенция о биологическом разнообразии. 1992, ПРООН.- 32 с.
6. Hutchinson G.E. The niche: An abstraktly inhabited hypervolum // Ekology Theatre and Evolutionary Play. New Haven, Yale University Press. 1965. - P. 26-78.
7. Monastersky R. World climate panel charts path for action // Sci. News. - 1995. - Vol. 148, N 19. - P. 293.
8. Munn R.E. Atmospheric change and Biodiversity. Formulating a Canadian science agenda // Summary Report a workshop. -Toronto: 1996. - P. 71.

Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

БИОТҮРЛЕРДІ САҚТАУ ЖӘНЕ БАЛАНС ЖАСАУ АРҚЫЛЫ ҚОЛДАНУ ЖӨНІНЕН ҰЛТТЫҚ СТРАТЕГИЯНЫ ЖӘНЕ ЖОСПАРДЫ ЖАСАУҒА

ҚР ҰҒА акад. И.О.Байтулин

Биологиялық түрлер туралы Ковенциясының орындалуы үшін Ұлттық стратегия және жұмыс жоспарын жасауға жүйелік жолдың қажеттілігі көрсетілді. Осындай жол тек басқару қызметіне табиғи жағдайда биотүрлерді сақтау және баланс жасау арқылы қолдануға ғана емес, оны үй жануарларының түрлерін және мәдениеттелінген өсімдіктер сорттарын пайдалануға қажеттігі анықталды. Жоспарға және стратегияға кіретін міндетті сұрақтардың мазмұны және үлгісі жасалынды.

УДК 551.509(574-262)

**О СОПРЯЖЕННОСТИ СИНОПТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ
НАД КАЗАХСТАНОМ И СРЕДИЗЕМНЫМ МОРЕМ**

Канд. геогр. наук М.А. Мурадов

Исследуется взаимосвязь в развитии типовой синоптической ситуации в Казахстане с циклонической деятельностью в районе Средиземноморья. Анализируется воздействие синоптической ситуации Средиземноморья при выходе черноморских циклонов и стационаровании циклона над Аралом. Установлены синоптические причины повышения повторяемости волн тепла в Казахстане и возникновения нагонного ветра на Каспии.

Важным элементом мониторинга условий погоды является оперативный анализ синоптической ситуации. Основой подобного анализа служит знание типовых атмосферных процессов, определяющих погоду в конкретном регионе. Поэтому были выполнены исследования по созданию в Казахстане синоптического каталога синоптических ситуаций, что позволяет осуществлять количественный диагноз ситуации с целью выявления прогностических указаний - необходимого инструмента синоптика-практика [4].

Всего по Казахстанскому региону выявлено 17 основных типов синоптических ситуаций, сгруппированных в пять основных классов: подвижные и мало-подвижные циклонические и антициклональные образования и варианты их сочетаний. Определяя погоду на территории Казахстана, они могут иметь выраженную взаимосвязь с фрагментами синоптического процесса, фиксируемыми в сопредельных районах. В частности, определенный научно-практический интерес вызывает исследование сопряженности в развитии барико-циркуляционных состояний над Средизем-

ным морем и Казахстаном. Следует отметить, что эта проблема актуальна и для Среднеазиатского региона. Например, в работе [6] довольно убедительно показана взаимосвязь генезисов средиземноморского и южных циклонов. Поэтому нами были проанализированы поля средних значений приземного давления, приведенного к уровню моря (P_0) и геопотенциальной высоте поверхности 500 гПа за 00 часов среднегринвического времени (СГВ) в узлах сеточной области с шагом 5×10^0 всего северного полушария, характеризующие развитие конкретных типовых синоптических ситуаций. Исходные выборки ежесуточных значений для типовых ситуаций формировались на 23 летнем материале (1964-1986 гг.). Число случаев в выборках колебалось от 30 до 200. Для выявления календарных периодов, вошедших в рабочую выборку, использовался каталог ежесуточных синоптических ситуаций в Казахстане, созданный на материалах за 1964 - 1986 гг.

В результате проведенного анализа выяснилось, что характер развития синоптической ситуации в районе Средиземноморья может использоваться в качестве прогностического указания при определении устойчивости выявленных типов, то есть, когда конкретный тип синоптической ситуации будет доминировать в Казахстанском регионе на протяжении некоторого периода (несколько суток) и будет хорошо выражен в параметрах интенсивности (сильная и средняя степени интенсивности).

Так, в группе подвижных циклонических образований расположение и конфигурация зон осредненных значений приземного давления, а также ориентация ведущего потока (по осредненным данным H_{500}), выявляют области вероятных траекторий перемещения циклонических объектов (циклоны, ложбины). Из этой группы выделяются два типа циклонических вхождений на территорию Казахстана: с юго-запада (черноморские циклоны) и юга (южнокаспийские и мургабские циклоны) [4,6]. Этим вхождениям предшествует U образный прогиб планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) в первом естественно-си-

ноптическом районе. Западный участок осевой линии ПВФЗ направлен из районов Северной Атлантики на центральную (черноморские циклоны) и восточную (южнокаспийские, мургабские) части Средиземноморья. Восточный участок ПВФЗ из района Средиземноморья ориентирован в северо-восточном направлении. В этих случаях (по осредненным данным) влияние области Исландского минимума, приобретающей очертания центрального циклона, распространяется на юг Европы, отражая повышенную вероятность возникновения условий циклогенеза на средиземноморском фронте. Одним из признаков смещения этой области в восточном направлении и распространения её южной части на районы Кавказа (условие развития циклона на средиземноморском фронте в районе Черного моря) служит рост давления в центральной части Средиземного моря. Этот же признак фиксируется и при перемещении глубокого циклона в северных широтах. В последнем случае изменения погоды, связанные с прохождением фронтальных разделов, следует ожидать в северных районах Казахстана. Рост, а затем резкое падение давления в центральной и восточной частях Средиземного моря сопровождают типовые вхождения антициклона на территорию Казахстана с юго-запада. А перемещение области падения давления с восточной части Средиземного моря в юго-восточном направлении - предвестник активизации южного циклона (южнокаспийского, мургабского).

Районы повышенной циклогенетичности обозначены на типовых картах полей давления в виде замкнутых центров изобар. На них отчетливо видно, что в предверии выхода черноморского циклона (за 2-3 суток) типовой очаг низкого давления фиксируется над восточной частью Средиземного моря. Следовательно наличие циклогенетичности в этом районе является одним из условий, благоприятствующих вхождению циклона на территорию Казахстана с юго-запада. С другой стороны, условием того, что определенная синоптическая ситуация в Казахстане может благоприятствовать поддержанию циклогенети-

чности над Средиземноморьем, является фиксация над Восточным Казахстаном юго-западной периферии сибирского антициклона. В этих случаях развитие и подъем южных циклонов стимулируется не только необходимым наличием арктического или достаточно выхоложенного полярного воздуха на территории Европы, но и соседствующей с ним теплой воздушной массы, когда при достаточно южном положении антициклона, огибающий его воздушный поток попадает в южные, а затем возвращается в умеренные широты достаточно нагретым [5,6].

Для южнокаспийских и мургабских циклонов значимым (в прогностическом смысле) районом их "приписки" является территория Месопотамии. Именно оттуда по картам осреднённых значений прослеживается перемещение на Казахстан циклонического очага. И в этом случае в качестве причинного фактора признаётся перемещение циклонов Центрального Средиземноморья в восточном направлении [6]. Однако для нашей территории значимыми южные циклоны становятся после переваливания через горные системы Иранского Азербайджана или Туркмено-Хорасанские горы. В результате, "циклоны пришедшие в Месопотамию из центральной части Средиземного моря и в значительной мере окклюдированные, после переваливания вновь приобретают форму молодого циклона" [6]. В дальнейшем, условием проявления в Казахстане южных циклонов чаще всего является их регенерация на новом холодном фронте северо-западного вторжения. Это условие неплохо иллюстрируется картами осреднённых значений N_{500} , на которых (в этих случаях) обнаруживается раздвоение ПВФЗ на северную и южную ветви, связанных с деятельностью арктического фронта и фронта умеренных широт. Причём особый вариант регенерации, когда циклон становился малоподвижным в районе Аральского моря, выделен в отдельный тип. Характерной конфигурацией ПВФЗ этого типа является её Ω - образный вид в определённом географическом районе.

Эта типовая ситуация (обозначенная как стационарирование циклона над Аральским морем) заслуживает отдельного рассмотрения, в частности, при сравнении с типовой ситуацией выхода южного циклона. На рисунках 1-3 видно, что при формальной идентичности участка типового поля значений приземного давления над Казахстаном, имеются существенные различия в сопредельных районах. Особенно показательны в этом смысле районы Средиземноморья и Урала. При стационарировании циклона в районе Аральского моря распространение ложбины (по данным осредненных значений давления) на Средиземноморье сохраняется, причём с признаками наличия здесь малоподвижного циклона. Синхронному существованию очагов пониженного давления над Аральским и Средиземным морями благоприятствует формирование антициклона к западу от Урала. Что связано с повышенной вероятностью возникновения в этом варианте синоптического процесса ситуаций блокирования, примерно в 70 % случаев [5,6]. При прохождении по Казахстану южных циклонов подобная картина не наблюдается. Отсутствует также и Ω - образный изгиб осевой линии ПВФЗ в поле осредненных значений H_{500} (рис.3).

Ещё один отличительный признак анализируемых типов: генетическая связь регенерирующего циклона над Аральским морем с циклоничностью в Восточном Средиземноморье при прорывах южнокаспийских и мургабских циклонов, а также связь с азиатским тропическим муссоном в ситуациях стационарирования. Возможно это как-то взаимосвязано и с активизацией верхнеамударьинского циклона [6]. Здесь, при оценке сопряжённости синоптических ситуаций, по-видимому, следует проводить исследование ситуаций в трех территориальных районах: Средиземноморье, Казахстане и Передней Азии. Это обусловлено тем, что при выяснении механизма, регулирующего воздухообмен на пространстве, охватывающем эти районы, важно уяснить поведение такого центра действия атмосферы, как переднеазиатская депрессия. Согласно [6], при развитии депрессии на Европейской территории происходит холодное вторжение.

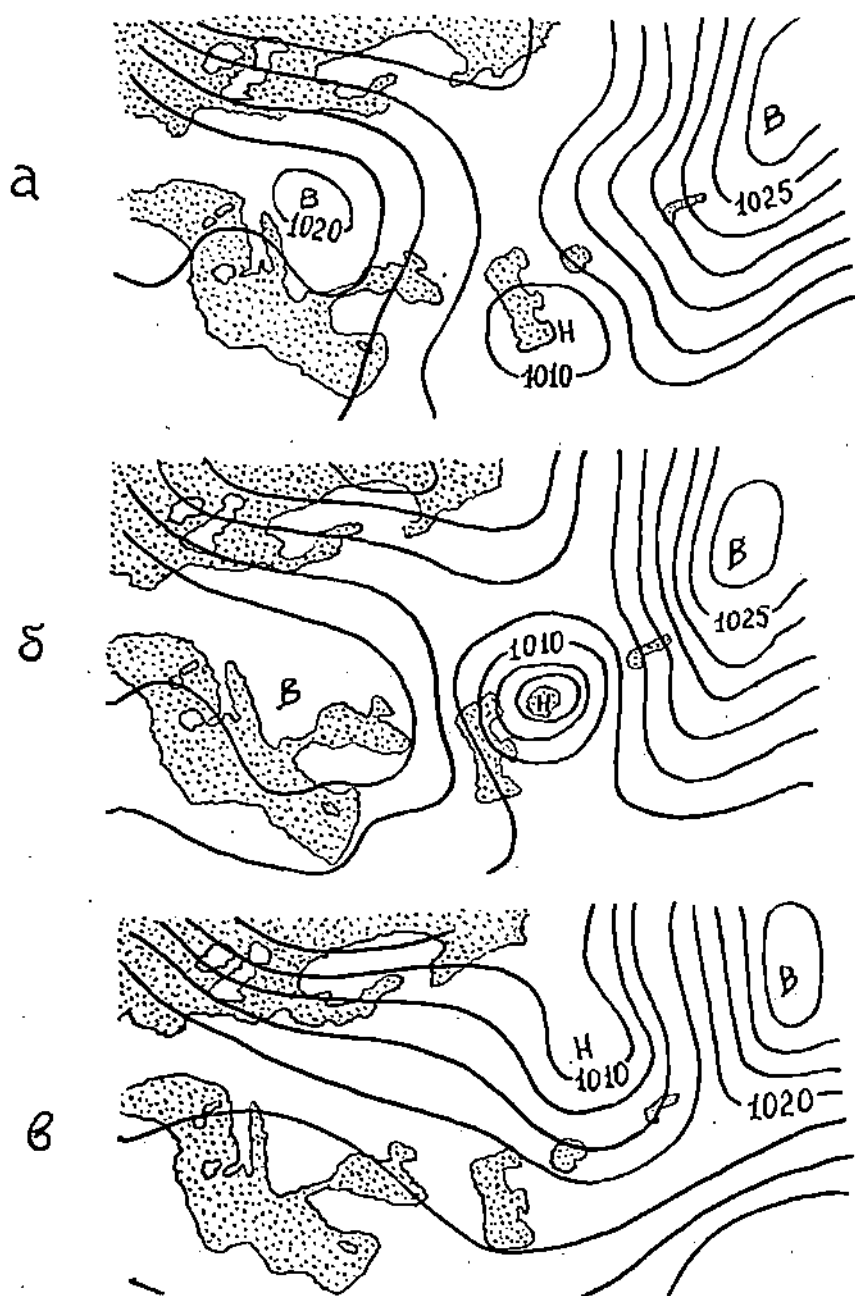


Рис. 1. Осреднённые суточные поля давления P_0 , рассчитанные по 275 случаям вторжения на Казахстан циклонов с юга:
 а - первые; б - вторые; в - третьи сутки вторжения.

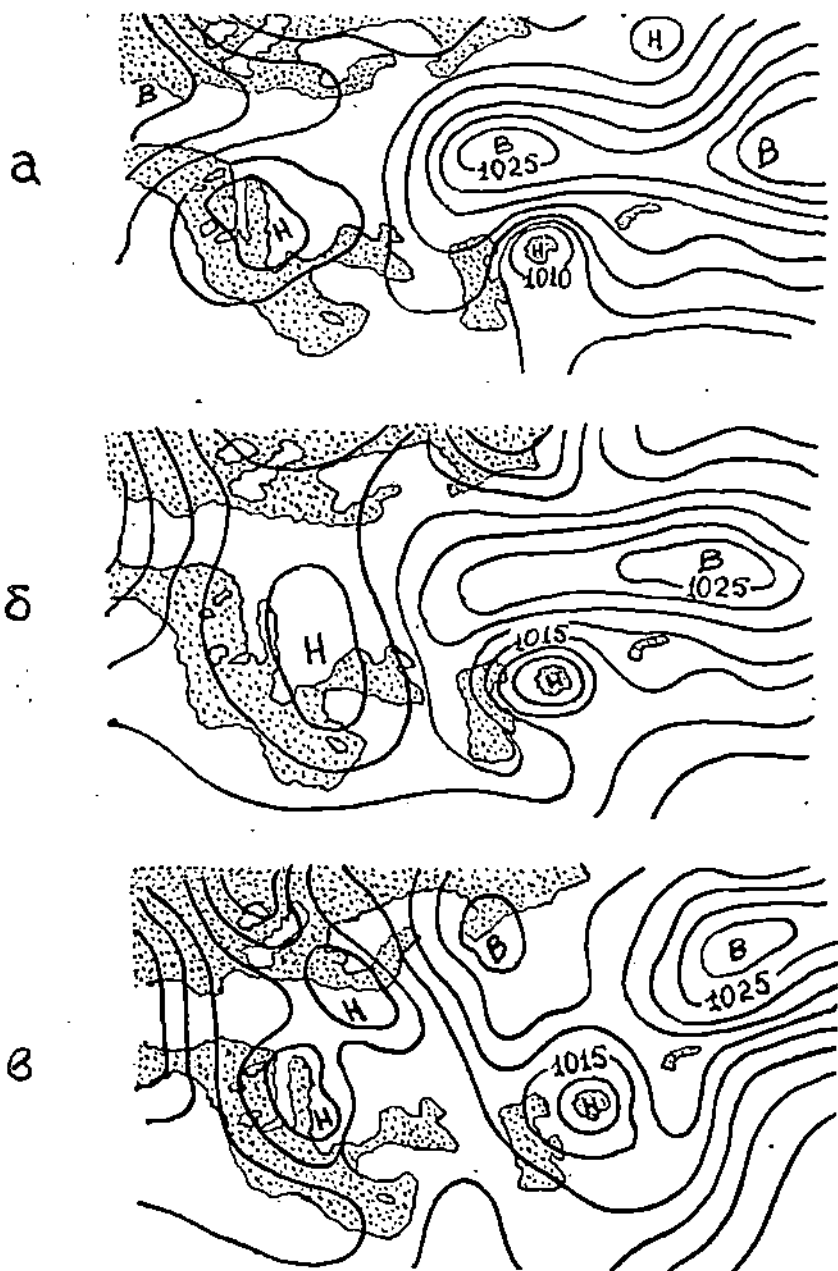


Рис. 2. Осреднённые суточные поля давления P_0 , рассчитанные по 12 случаям стационарирования циклона над Аралом:
 а - первые; б - вторые; в - третьи сутки стационарирования.

В районе взаимодействия теплого высотного гребня над Средней Азией и приближающейся ложбиной появляется стационарирующая область фронтогенеза, протянутая от Закавказья на Урал и создающая фронты, перемещающиеся через Каспийское море.

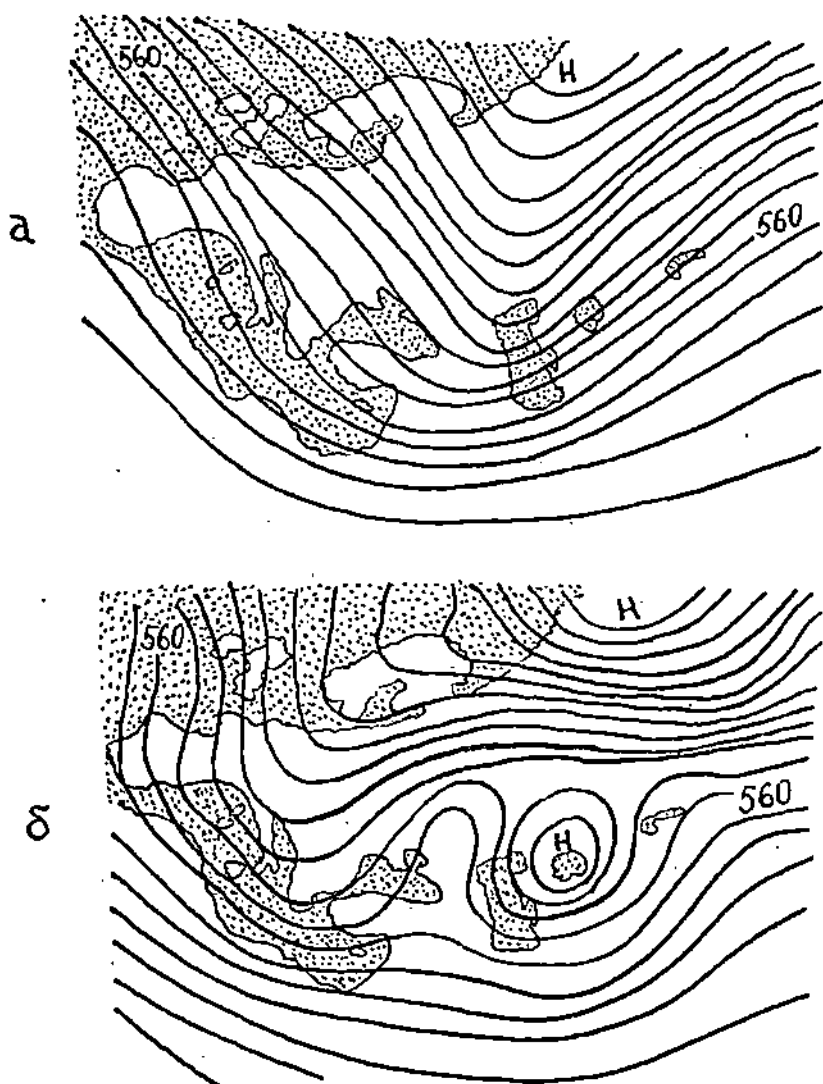


Рис. 3. Осредненные суточные поля H_{500} для случаев: а - вторжения на Казахстан циклонов с юга; б - их стационарирования над Аралом.

Помимо циклогенетического, другим термодинамическим фактором погодного воздействия служит адвекция на Казахстан тропического воздуха Средиземноморья. Вынос тропического воздуха на Среднюю Азию и Казахстан происходит как в тёплых секторах южных циклонов, так и без циклонических прорывов [6]. Во втором варианте тропический воздух течёт широким потоком по западной периферии антициклона, центр которого расположен над Юго-Восточным Казахстаном. На юге циклоническая деятельность отсутствует, но очень активна в северных широтах. Подобные ситуации могли быть зафиксированы в нашем каталоге типов - как перемещение глубокого циклона в северных широтах [4]. Типовые поля приземного давления и H500, рассматриваемой синоптической ситуации, аналогичны полям идентифицированных в [4], как атрибуты широкого выноса теплого воздуха. В обоих этих типах, приведенных в [4, 6], в поле осредненного давления антициклон расположен над востоком Казахстана. В северных широтах располагается протяженная зона низкого давления, связанная с Исландским минимумом. Поле H500 в первом естественно-синоптическом (е.с.) районе в целом равномерное, зональное. В южных широтах е.с. района отмечается ориентация изолиний геопотенциальных высот с юго-запада на северо-восток. Следует однако заметить, что в рассмотренных случаях более вероятно перемещение тропической массы на Казахстан не столько из района Средиземноморья сколько из районов Ирана и Афганистана. Но вообще-то этот вопрос требует отдельного изучения.

Влияние Средиземноморья на режим потеплений в Казахстане

Так как перенос тропического воздуха на Казахстан реализуется при вполне определённых синоптических ситуациях [3,4,6], то следовало ожидать более высокой повторяемости режима потепления в Казахстане при синоптических процессах, рассмотренных нами ранее. Здесь причинная цепь со-

бытий могла быть представлена в следующем виде: изменения барического режима в районе Средиземноморья благоприятствуют возникновению в Казахстане синоптических ситуаций, оформляющих перенос воздушной массы с юго-запада. Были проанализированы случаи пятидневных волн холода и тепла в Казахстане за период с 1964 г. по 1980 г. [2]. Как и ожидалось, при вхождениях циклона с юга, юго-запада, запада экстремально теплые пятидневки отмечались в среднем в 5 раз чаще чем холодные. Для ситуаций с наличием у земли гребня высокого давления над востоком Казахстана - в 2 раза. Всего же было рассмотрено 202 и 222 случаев волн холода и тепла. Календарные даты экстремально теплых и холодных пятидневок были взяты из [2]. Ежесуточный тип ситуации в каждой пятидневке устанавливался по технологии изложенной в [4]. Оценка велась отдельно по каждому месяцу года.

Влияние Средиземноморья на проявления цикличности в режиме возникновения волн тепла и холода в Казахстане подтверждается, как и ожидалось, и результатами анализа временных особенностей условий макроциркуляции в первом и втором естественно-синоптических районах. Исходными материалами служили карты N_{500} , сборно-кинематические карты естественно-синоптических периодов, выборки значений величин индексов зональной циркуляции. К сожалению из за отсутствия некоторых данных на технических носителях, на этих материалах удалось пока получить лишь тривиальные выводы описательного свойства. Следует продолжить изучение этого вопроса на основе количественной интерпретации поведения длинных и коротких атмосферных волн в соответствующем пространственно-временном масштабе и связанных с ними элементарных синоптических процессов [5].

Влияние Средиземноморья на ветровой режим Северного Каспия

Взаимосвязь в развитии синоптических ситуаций над Средиземноморьем и Казахстаном хорошо ил-

люстрируется и такой характеристикой погоды как значительное усиление ветра. Например усиление ветров западных румбов в районе Северного Каспия регулярно вызывает здесь нагоны, нередко катастрофические [1]. Анализ срочных данных по приземному ветру в районе Северного Каспия показал, что сильные ветры западных направлений (северо-западные, западные и юго-западные) чаще всего вызываются перемещением на Казахстан циклонических образований из районов Южной Европы (54 % случаев из типовых разновидностей синоптических ситуаций).

Анализ полей (с пространственно-временными характеристиками описанными выше), осредненных значений P_0 , H_{500} , $H_{500/1000}$, а также значений температуры воздуха у поверхности земли (T_3) и на поверхности уровня 850 гПа (T_{850}) дал следующие результаты. Возникновение нагонного ветра западного и северо-западного направлений (затопления в районе Тенгиза и южнее) часто связано с особенностями выхода на Казахстан черноморских циклонов. Так в поле осредненных (по 39 наиболее характерным случаям) значений P_0 отчетливо прослеживается перемещение локальной области пониженного давления из района Центрального Средиземноморья через Черное море на юг Урала. Во временном плане можно условно выделить две фазы развития исследуемой синоптической ситуации: фазу предвестника и фазу угрозы нагона. Во временной фазе предвестника нагона продолжительностью до четырех суток, отслеживается формирование циклона в районе Черного моря. В этот период, по-видимому, активную роль играют барико-циркуляционные условия, обеспечивающие определенное развитие синоптической ситуации в Центральном Средиземноморье. Так в поле значений H_{500} за двое - трое суток до возникновения нагонного ветра хорошо просматривается меридиональный прогиб западной ветви фронтальной зоны высотной ложбины над Южной Европой с осью ориентированной на районы Центрального Средиземноморья. Структура среднего термобарического поля $H_{500/1000}$ и полей T_{850} , T_3 , отражающая опускание

очага холода к югу, способствует фронтогенезу на юго-восточном участке высотной фронтальной зоны ложбины циклона. В свою очередь, обострение фронтальной зоны на юге континента приводит к возникновению или усилению здесь циклонических образований готовых к движению в северо-восточном направлении.

Во временной фазе угрозы нагона (до трех суток) циклон из района Черного моря перемещается в северо-восточном направлении. В тыл ему осуществляется интенсивный заток холодного воздуха в виде антициклона вторжения. Над Северным Каспием в переходной зоне от передней части антициклона к тыловой части циклона возникают большие горизонтальные барические градиенты устойчивой ориентации, обуславливающие возникновение здесь штормовой ветровой зоны в приземном слое.

В качестве прогностических индикаторов в представленном сценарии развития синоптической ситуации может служить информация о временных изменениях приземного давления и геопотенциальной высоты изобарической поверхности AT500 в районе восточного Средиземноморья. В течение периода, предшествующего возникновению нагонного ветра в Северном Каспии (фазы предвестника и угрозы нагона) приземное давление в Восточном Средиземноморье вначале резко падает, а затем резко возрастает. В этот же период, здесь же отмечается значительное понижение геопотенциальной высоты AT500.

Нагонный ветер южного и юго-западного направления (затопление побережья к северо-западу от района Тенгиза до Атырау) чаще всего возникает при перемещении на Казахстан циклонов с запада [4]. В этих ситуациях (по 43 наиболее характерным случаям) в поле осредненных значений P_0 траектория движения области низкого давления, оформленная в виде глубокой циклонической ложбины, протягивается от южных районов Европы к Южному Уралу. Сильный юго-западный ветер возникает в зоне повышенных горизонтальных барических градиен-

тов в южной части глубокой ложбины центрального циклона, расположенного над Европой. Усиление южной составляющей этих ветров обеспечивается прохождением хорошо выраженных меридиональных холодных фронтов на которых, к тому же при их замедленном подходе к Каспию, нередко из циклонических волн развиваются штормовые циклонические образования. В поле осредненных значений H_{500} в этих случаях отмечается рост геопотенциала на севере центральной части Средиземного моря.

Возникновение сильного юго-западного ветра может быть связано и с выходом черноморского циклона, правда гораздо реже чем в ситуациях усиления ветра северо-западного направления. В этих случаях штормообразующей является южная и юго-восточная часть циклона.

Приведенные примеры, являются лишь отдельными барико-циркуляционными и погодными фрагментами иллюстрирующими сопряженность в развитии синоптических ситуаций в Средиземноморье и Казахстане. Более основательный, детальный анализ пространственно-временной взаимосвязи естественно-синоптических периодов, их границ, элементарных синоптических процессов с их тенденциями, а также учет поведения центров действия атмосферы в Атлантическом секторе северного полушария, позволит уточнить известные выводы полезные для практики среднесрочного прогнозирования погоды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Каспийское море. Т. VI, Гидрометеорологические условия, Вып. 1 / Под ред. Ф. С. Терзиева, А. Н. Косарева, А. А. Керимова. - СПТ.: Гидрометеоздат, 1992. - 359 с.
2. Календарь теплых и холодных пятидневок на территории Казахстана за период 1951-1980 гг., КазНИГМИ, Алма-Ата, 1986. - 27 с.
3. Мадат-заде А. А. Основные типы атмосферных процессов, обуславливающих поле ветра на Каспий-

ком море // Тр. Океанографической комиссии
АН СССР. - 1959. - Т.5. - С. 140-145.

4. Мурадов М.А. О каталоге синоптических ситуаций
в Казахстане // Гидрометеорология и экология. -
1996. - N 1. - С. 76-92.
5. Руководство по долгосрочным прогнозам погоды
на 3-10 дней. - М.: Гидрометеиздат, 1968. -
351 с.
6. Синоптические процессы Средней Азии / В.А.Бу-
гаев, В.А.Джорджио, Е.М.Козик и др. - Ташкент:
Изд-во АН Узб.ССР, 1957. - 477 с.

Казахский научно - исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ҚАЗАҚСТАН МЕН ЖЕРОРТА ТЕҢІЗІНІҢ СИНОПТИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРЫНЫҢ БІР-БІРІНЕ ТӘУЕЛДІЛІГІ ТУРАЛЫ

Геогр. р. канд. М.А.Мурадов

Қазақстандағы әдеттегі синоптикалық жағдай мен Жерорта
теңіз ауданындағы циклондық әрекеттің бір-біріне
байланыстылығының өркендеуі зерттелді. Циклонның Арал үстіне
тұрақтау және Қара теңіздік циклондардың шығу кезеңінде
Жерорта теңізінің синоптикалық жағдайының әсер етуі талданды.
Каспийде жел көтерілуінің пайда болуы және Қазақстанда жылы
толқынның жиі қайталануының синоптикалық себебі анықталды.

УДК 551.555.8:519.6(510)

**MESOSCALE NUMERICAL EXPERIMENTS OF DEVELOPING
MECHANISM FOR THE "93.5" BLACK STORM AND
PARAMETERIZATION OF SAND-DUST TRANSPORT**

LINSHENG CHENG AND CHUNTAO LIU

Результаты моделирования, основанные на мезомасштабной численной модели ММ 4, показали, что образование и развитие черной бури "93,5" прямо связано с генезисом циклонического вихря в нижней тропосфере. Модель включает параметризованную схему выноса, переноса и осаднения песчано-пылевой массы.

The black storms are a mesoscale system with severe destructibility in the Northwest Region of China, the people's subsistence environment is directly threatened by them. Synoptic analysis indicated the "93.5" black storm not only related a specific large scale circulation and intensive front zone in the mid- and lower-levels as well as desert underlying surface, but also was in close relationship with intense allover and developing mesoscale high and low at surface; the intensive cold front associated with the black storm to possess the property of squall line. The results of the control simulation, which based on mesoscale numerical model MM4 with high resolution PBL parameterization and 40km fine-mesh, found that the formation and development of the "93.5" black storm was directly related to the genesis and intense development of a mesoscale cyclonic vortex in lower troposphere, a favorable allocation of the vertical vorticity column of the vortex was an important dynamic mechanism of intense development of driving black storm, while the extraordinary strong baroclinity in the mid- and lower-layers of troposphere and warm-cored structure in the PBL were thermal and convective instability condition of intensive development of the

Публикуется по Соглашению о научно-техническом сотрудничестве между Главным управлением по гидрометеорологии Республики Казахстан и Метеорологическим управлением Китайской Народной Республики.

black storm. In order to study a mechanism for driving and elevating as well as transporting and deposition of the sand-dust for the black storm, a parameterized scheme of source and sink terms for sand-dust and an equation of transporting sand-dust were achieved and posed, while both the scheme and the equation were introduced to the mesoscale model and simulation system for MM4 as mentioned above. Applying the improved and developed model and simulation system to achieve successfully simulations for driving and elevating as well as transporting and deposition of the sand - dust for the "93. 5" black storm. The analyses of simulated results indicated that even if using the conventional observation data, the genesis and development as well as structural evolution of the black storm mesoscale system could be also simulated when the mesoscale numerical model with basically perfect physical processes and with higher spatial resolution as well as a larger simulative domain. The results also revealed that adopting mesoscale numerical model included the parameterized scheme of source and sink terms for sand - dust and the equation of transporting sand - dust is a quite well method with applying prospects to study the black storm.

1. Introduction

The black storm is a suddenly outbreak and extraordinary severe storm with huge sand-dust while the instantaneous wind speed is greater than 25ms^{-1} and the visibility is less than 50m or near zero. This black storm is a mesoscale weather system with severe destructibility in the Northwest region of China and were frequent occurrence in the Spring since 1952. A typical case of the extraordinary severe sand-dust storm was the "93.5" (4-6 May 1993) black storm and it swept four Provinces and Autonomy Regions from west to east in China, which included the Gobi of east Xinjiang Autonomy Region, Nexi Corrido of Gansu Province, Badan jaran Desert and Tengger Desert in Nei Monggol Autonomy Region. The people were hurted 264 and died 85 as well as missed 31; 5.55 million mu ($15\text{mu} = 1\text{hectare}$) farming fields and crops were destroyed; 0.12 million livestock were died. The property damage incurred was close to 7.25 billion RBM (Yang et al., 1993).

Because of this severe disaster of the sand-dust storm, particularly the black storm, the many countries pay great attention to this kind of mesoscale weather system. As early as 1925 the black wind in Sudan of Northeast Africa was reported by Sutton, and then Idso (1972) reported a sand-dust storm in Arizona of the USA. However, the meteorologists paid more attention to study the Saharan dust storm. The general characteristics of synoptic-scale outbreak of Saharan dust over the tropical Atlantic Ocean have been studied from satellite imagery, two field programs (BOMEX and GATE) and diagnostic analysis (Carlson and Prospero, 1972; Carlson and Caverly, 1977; Carlson, 1979; Ott, et al. 1991); Carlson and Benjamin (1980)

used a combined longwave and shortwave radiative transfer model to study the effects of Saharan dust on the radiative fluxes and heating/cooling rates in atmosphere; The analysis and large-scale numerical simulation for the Saharan Air Layer (SAL) and the mobilization and transportation of Saharan dust have been investigated by Karyampudi and Carlson (1988) and Westphal et al. (1988). In our country, Xu et al. (1979) analysed an extraordinary heavy sand-dust storm in Gansu. In after years, there were a few synoptic analyses for severe sand-dust storms and black storms in Northwest and North Region of China; In recent years, the investigation of the black storms in Northwest Region of China was paid more attention, particularly the "93.5" black storm. The synoptic cause of this black storm have been analysed (Chen et al., 1993; Wang, et al., Jiang, 1995); Chen et al., (1995) used a two-dimensional model and idealized simulation to examine the effect of dust radiative heating on surface frontogenesis. Cheng et al., (1995, 1996) used the improved MM4 with high resolution PBL and fine - mesh to study the influence of mesoscale model resolution on the evolutive simulation of the "93.5" black storm. However, up to date, there are very few the study of numerical simulation concerning the developing mechanism of the black storm and the formation and transportation for sand-dust of the black storm in Northwest Region of China. For this purpose, we use the improved MM4 while with parameterized scheme of driving and elevating surface sand-dust and with an equation of transporting sand-dust to study the developing mechanism and the transportation of sand-dust for the "93.5" black storm.

2. Synoptic analysis briefly

2.1. Intensive frontal zone and severe cold front

Large-scale synoptic analyses on 500 hPa, 700hPa and 850 hPa during this period indicated that a ridge over Ural Mountains was rapidly developed while a developing cold trough over Xinjiang region moved eastwards and extended southwards, meanwhile, the frontal zones over lower levels were particular intensity, the temperature difference on 850hPa and 700hPa at 0000 UTC 5 May reached 12 °C/3Lat. and 20 °C/5Lat. (Fig 1a, b), respectively. The intensive frontal zones over lower levels were in company with a severe cold front at surface (Fig.2).

2.2. Jump of meteorological elements and "black wind squall line"

Based on the surface observed data at stations in Hexi Corridor of Gansu Province, obvious jump of meteorological elements in both sides of cold front can be seen when the severe cold front passed the stations Hexi of Gansu. Such as the time-varying curves of the meteorological elements at Jinchang station is shown Fig.3. We can see from Fig.3 this severe cold front

accompanied by this black storm was possessed a character of squall line, it is also called "black wind squall line".

2.3. Intensive alobar and mesohigh with mesolow at surface

We can see from Fig. 4a, positive alobar for 3 hours ($+\Delta P_3$) behind cold front reached $+4.3\text{hPa}$ at Dingxin station, while $-\Delta P_3$ ahead cold front

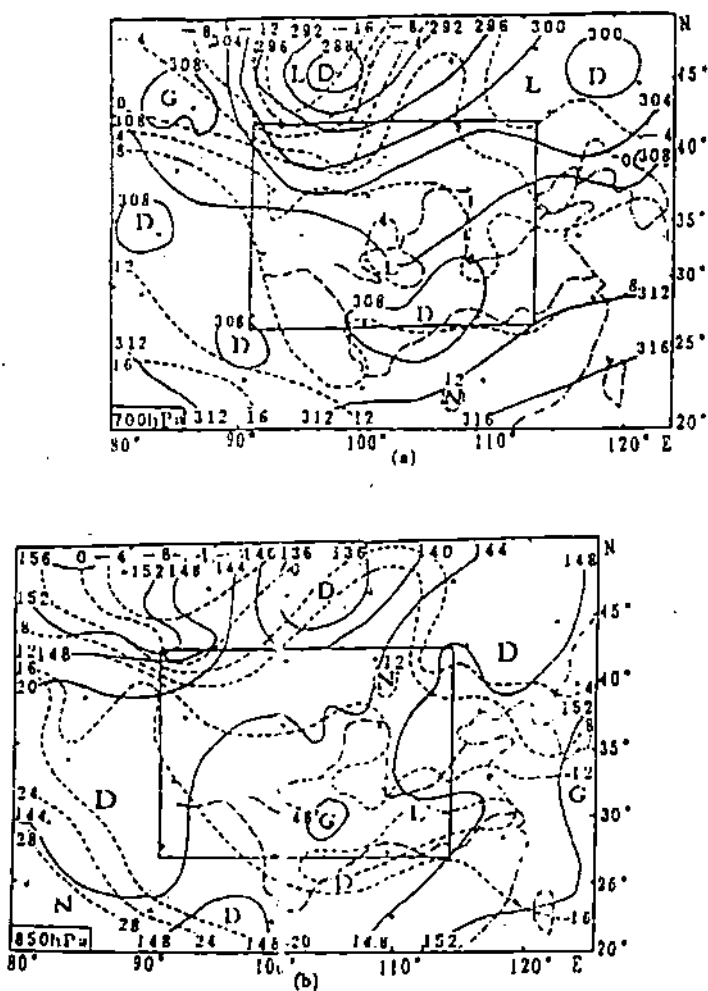


Figure 1. (a) 700hPa and (b) 850hPa analysis at 0000 UTC 5 May 1993. Solid lines are isohypses; dashed lines are isotherms $^{\circ}\text{C}$

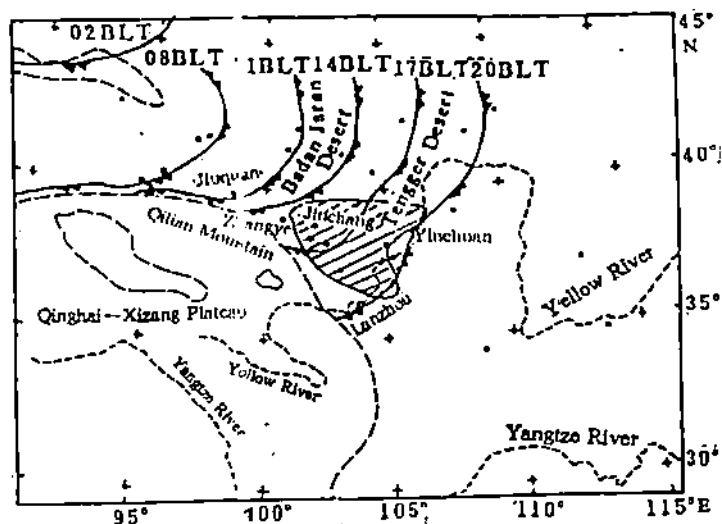


Figure 2. The consecutive movement of the cold front and the underlying surface condition as well as the black storm area

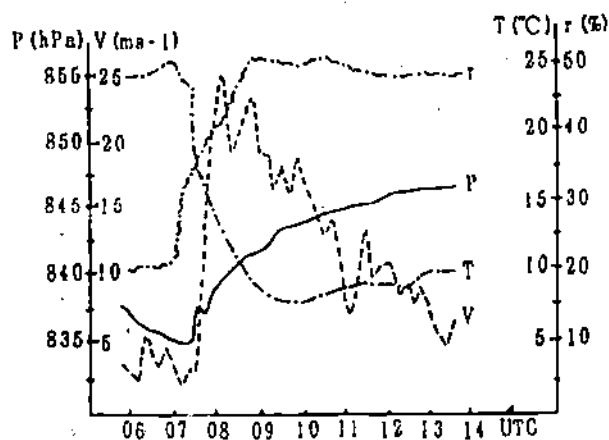


Figure 3. The time-varying curves of the pressure (P), temperature (T), relative humidity (r) and wind speed (v) after 0500 UTC 5 May 1993 at Jinchang station

reached -4.7hPa at Qilian station; The quite intensive alobaric gradient in both sides of the surface front was an obvious feature for the "93.5" black

storm. So that the instantaneous wind speed reached 34ms^{-1} at 0754 UTC (1554 BLT) 5 May at Jinchang station: And then a mesohigh behind the cold front and a mesolow ahead the cold front were generated and developed (Fig. 4a, b).

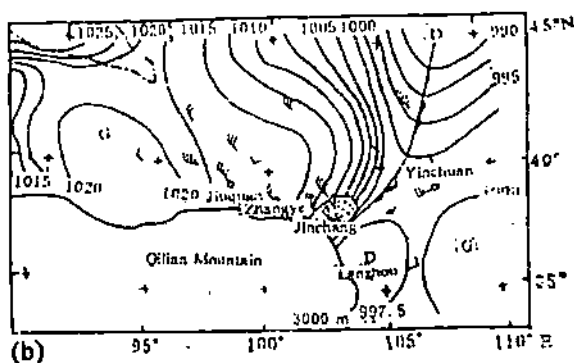
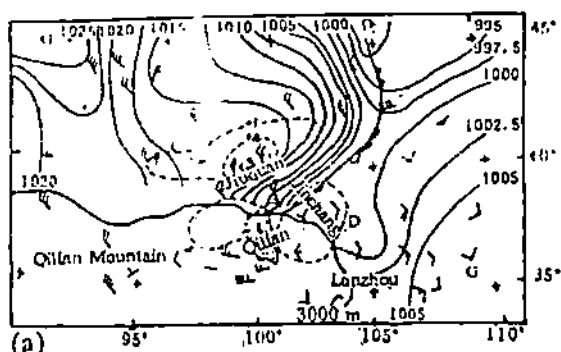


Figure 4. Regional surface synoptic analysis at (a) 0600 UTC (1400 BLT) and (b) 0900 UTC (1700 BLT) 5 May 1993. Solid lines are isopiestic, dashed lines are isophasm; reprints the black storm area

Based on the analysis as mentioned above, the genesis and development of the "93.5" black storm were not only related to the interaction between the large-scale circulation and mesoscale systems, but also related to a

worse environment and a bare underlying surface with a vast desert and loose loess. Therefore, a key scientific problem of forecasting this kind of disastrous mesoscale weather systems is further to study their genetic and developing physical mechanism using mesoscale numerical simulation method.

3. Mesoscale simulation of the development of the "93.5" black storm

The observation based on the stations of Hexi, the outbreak of the "93.5" black storm occurred about 0740 UTC (1540 BLT) 5 May between Shandan and Jinchang stations and then moved eastward. The black storm area can be seen from Fig. 4b. So, one question must answer, namely, why does the black storm occur this area and such a period of time? For this purpose, we hope to answer through mesoscale numerical simulation.

3.1 Control simulation

The mesoscale model used in this study is MM4 of PSU / NCAR, which described by Anthes et al. (1987) and further discussed by Cheng (1994), some improvements and modified have been done. The main points of this version for control simulation are as follows:

Definable model parameters and radices: the vertical coordinate, $\sigma = (p - p_t) / (p_s - p_t)$; the constant pressure of the top of the model, $p_t = 100\text{hPa}$; the number of a levels, $k_\sigma = 16$; grid length, $d = 40\text{km}$; the computational domain contains an array of grid points, $N = 46 \times 61$; the center of computational domain, $C = 38^\circ\text{N} / 103^\circ\text{E}$; the simulation domain is inner rectangular region in Figure 1.

Initial condition: Chinese NMC (T_{42}) global analysis + sounding data.

Lateral boundary condition: the time - dependent sponge boundary, the large - scale tendency is obtained by interpolating the 12h analysis linearly in time.

Planetary boundary layer (PBL) physical process: Blackadar's high resolution PBL parameterization.

Surface physical process: including surface heat, moisture and momentum fluxes is inhomogeneous surface; some unreasonable enough parameters in parameterized formulas have been revised based on HEIFE data.

Ground temperature: it is predicted from a surface energy budget and a slab model, in which the radiative fluxes depend on the model predicted.

Cumulus convection parameterization: using Anthes - Kuo's scheme.

Nonconvective parameterization: the excess condensation over saturation is removed as precipitation and latent heat is added to the thermodynamic equation. No evaporation is allowed in unsaturated layers.

Model topography: it is obtained by analyzing the NCAR 30 - minute terrain data using mesoscale objective analysis scheme.

Pressure gradient force (PGF) calculation in steep terrain: aborting a separated method of variables through defining horizontally invariant reference state from model's initial condition and time - dependent perturbation state, so that the PGF only needs to evaluate from perturbation state.

Simulative period of time: 24 hours, namely, from 1200UTC (2000BLT) 4 May to 1200UTC (2000BLT) 5 May 1993.

3.2. Results of control simulation and developing mechanism of "93.5" black storm

We found based on analysis of control simulated results for 24 hours that from 0600UTC (1400BLT) 5 May (simulated 18 hours), a mesoscale cyclonic vortex suddenly generated and developed over lower levels nearby the west of Jinchang (Fig. 5a), the location of the vortex was basically in a strong convergence area between the positive and negative allobar centers (Fig. 4a), the intensity of the vorticity center reached $48,27 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ on 700hPa (Fig. 5a); after 3 hours, namely 0900 UTC (1700 BLT), this vortex moved to east and persistent intense developed (Fig. 5b), the intensity of the vorticity center reached $62,20 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$. The simulated results were consistent and synchronous with genesis and intensive development of the black storm, moreover, this intense developing vortex area (Fig. 4b). was basically consistent with the observed black storm area (Fig. 5a), Besides, the mesolow (mesohigh) ahead (behind) the black storm was also obviously developed from 0600 UTC to 0900 UTC 5 May on simulated vorticity fields (Fig. 5). UP to 1200 UTC (2000 BLT) 5 May (simulated 24 hours), the intensity of this mesoscale vortex was also maintained during the period of moving to east, there was only a little weakening in the surface layer, this result was also consistent with the evolution of the black storm. We can see from the discussion as mentioned above that the genesis and development of the "93.5" black storm was in close relationship with the intense development of the mesoscale cyclonic vortex in the lower levels.

We also found from the vertical structure of the mesoscale cyclonic vortex in Fig. 6 that an intense developing cyclonic vorticity column stretched from the surface to 400hPa while an anticyclonic vorticity column just superposed over it. The physical essentiality of the vorticity column structure for the black storm is the following. There was intense convergence inflow in lower levels and associated with intensive ascending motion while there was intense divergence outflow and associated with asymmetric descending motion, as a consequence, the intense ascending motion in the vorticity column of the black storm was driven and persistent developed, the horizontal wind speed over the surface and lower levels was continuously intensified; in the meantime, the descending flow in the periphery of the black storm, particularly the descending flow behind the black storm was

able to induce the genesis and development of the surface mesohigh. The observed result was indeed so (Fig. 5b).

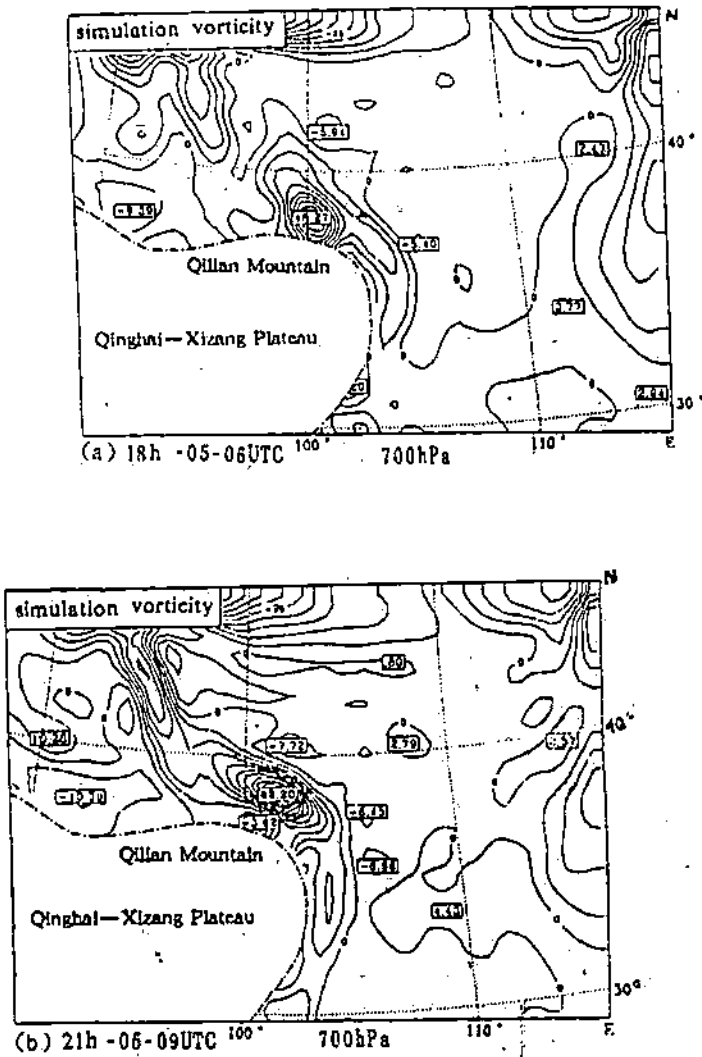


Figure 5. The 700hPa vorticity fields for (a) 18h and (b) 21h for control simulation verifying at (a) 0600UTC (1400BLT) and (b) 0900UTC (1700BLT) 5 May 1993. Contour interval for vorticity is $5 \times 10^{-5} s^{-1}$. The heavy dot - dashed line indicated the 3000m terrain contour. represents Jinchang

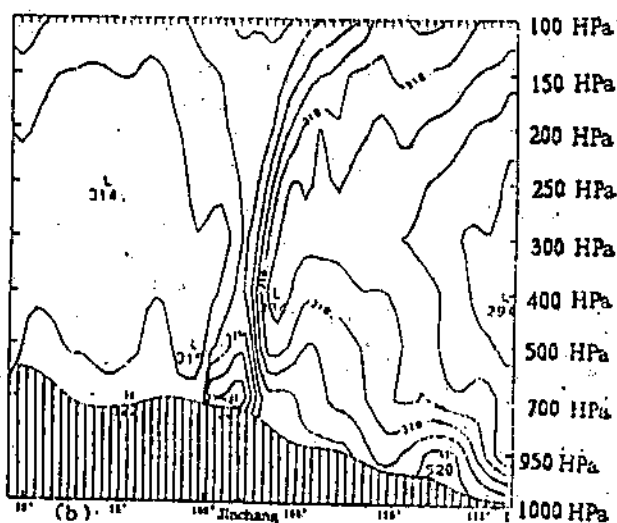
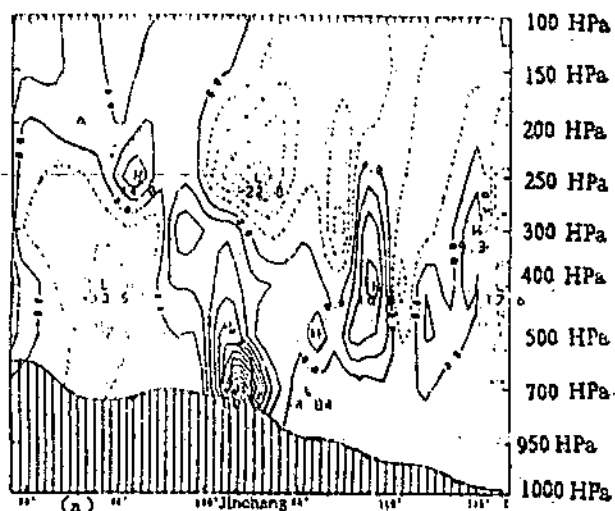


Figure 6. The West - East vertical cross section of (a) vorticity ($5 \times 10^5 s^{-1}$) and (b) equivalent potential temperature (K) through the vorticity center (Fig. 5b) nearby Jinchang

Thus it can be seen that the development of the black storm was in directly relationship with the vertical and dynamic mechanism of the accompanied mesoscale vortex. Besides, we also can see from Fig. 6b that the black storm was generated and developed under extraordinary intense thermal

contrast condition in the lower levels, even in whole air column; moreover, the warm-cored structure of the black storm in the PBL made this mesoscale system possessing obvious convective instability. This was an important thermodynamic condition for developing of the black storm.

4. Transport equation of sand-dust and parameterization for the source and sink terms of sand-dust

4.1. Transport equation of sand-dust

The dust or sand-dust can be considered an aerosol material in the atmosphere, thus it is similar to the conservation relation for aerosol contaminants, the conservation relation for the sand-dust material can be expressed mathematically as

$$\frac{dC}{dt} = S_c - D_c \quad \text{or} \quad \frac{\partial C}{\partial t} = -V \cdot \nabla C + S_c - D_c, \quad (1)$$

where C is the mass for the sand-dust material in unit volume, namely, the sand-dust concentration; S_c and D_c are the source and sink term for the sand-dust, respectively; V is the wind vector, ∇ is the gradient operator. The equation (1) can be transformed into a flux form in the modified terrain-following sigma (σ) coordinates system with the map scale factor, i.e.

$$\frac{\partial p^* C}{\partial t} = -m^2 \left(\frac{\partial p^* u C/m}{\partial x} + \frac{\partial p^* v C/m}{\partial y} \right) - \frac{\partial p^* \delta C}{\partial \sigma} + S_c - D_c, \quad (2)$$

1
2
3
4
5

where $\sigma = (p - p_t) / (p_s - p_t)$, p is pressure, p_s is surface pressure, p_t is the pressure at the top of the model atmosphere, m is the map scale factor for Lambert Conformal projection, $p^* = p_s - p_t$; term 1 is the tendency of sand-dust concentration with weight p^* , terms 2 and 3 are the horizontal and vertical flux transport of sand-dust with weight p^* , respectively; terms 4 and 5 are the source and sink of sand-dust in σ coordinates system.

4.2. Parameterized scheme for the source and sink terms of sand-dust

Based on the synoptic analysis of the formation for the black storm as mentioned above, we suggest the following parameterized scheme for source and sink of sand-dust:

The equation (1) can be transformed into a flux form in the modified terrain-following sigma (σ) coordinates system with the map scale factor, i.e.

$$\frac{\partial p^* C}{\partial t} = -m^2 \left(\frac{\partial p^* u C/m}{\partial x} + \frac{\partial p^* v C/m}{\partial y} \right) - \frac{\partial p^* \delta C}{\partial \sigma} + S_c - D_c \quad (2)$$

where $\sigma = (p - p_t) / (p_s - p_t)$, p is pressure, p_s is surface pressure, p_t is the pressure at the top of the model atmosphere, m is the map scale factor for Lambert Conformal projection, $p^* = p_s - p_t$; term 1 is the tendency of sand-dust concentration with weight p^* , terms 2 and 3 are the horizontal and vertical flux transport of sand-dust with weight p^* , respectively; terms 4 and 5 are the source and sink of sand-dust in σ coordinates system.

4.2. Parameterized scheme for the source and sink terms of sand-dust

Based on the synoptic analysis of the formation for the black storm as mentioned above, we suggest the following parameterized scheme for source and sink of sand-dust:

$$S_\sigma(\sigma) = \begin{cases} 0 & u_s < u_{s,c} \text{ or } q_{s3}(T_g) > q_c, \text{ or } L_d \neq L_d(9) \\ F_0 u^4 L_d & u_s \geq u_{s,c} \text{ and } q_{s3}(T_g) > q_c, K_\sigma = 1, L_d = L_d(9) \end{cases} \quad (3)$$

$$D_\sigma = C \left(\frac{m_c g}{S_D} \right) (\sigma_D + \sigma'_D) \quad (4)$$

$$F_0 = a_0 \left(\frac{\Delta t}{\Delta s} \right) (\rho_s \rho_d), a_0 = A_0, A_0 = \frac{1}{k} \left[\ln \left(\frac{z_s}{z_0} \right) - \Psi_m \left(\frac{z_s}{L} \right) \right] \quad (5)$$

where Δt is time step, Δs is mesh area of model; L_d is the parameter of the sand-dust underlying surface; ρ_d and ρ_s are densities of the sand and air at surface, respectively; $q_{s3}(T_g)$ is the saturation specific humidity at surface, $q_c = 0.005 \text{ Kg/Kg}$ which is the critical value of $q_{s3}(T_g)$; u_s is the friction velocity at surface; $u_{s,c}$ is the critical value of u_s , here adopted $u_{s,c} = 0.6 \text{ ms}^{-1}$; k is Karman constant, z_0 is surface roughness length, z_s is the height observed surface wind speed; Ψ_m is nondimensional stability parameter for momentum; L is $M - O$ length; g is acceleration of gravity; m_c is sand - dust mass in air column in unit area and m_c is related to spatial distribution of sand - dust particle size distribution; S_D is unit area; σ_D and σ'_D are air descending velocity and sand - dust dry deposition velocity in sigma (σ) coordinates, respectively.

$$S_{\sigma}(\sigma) = \begin{cases} 0 & u_* < u_{*c} \text{ or } q_{vs}(T_g) > q_{lc}, \text{ or } L_d \neq L_d(9), \\ F_0 u_*^4 \cdot L_d & u_* \geq u_{*c} \text{ and } q_{vs}(T_g) > q_{lc}, K_{\sigma} = 1, L_d = L_d(9), \end{cases} \quad (3)$$

$$D_{\sigma} = C \left(\frac{m_c g}{s_D} \right) (\sigma_D + \sigma'_D), \quad (4)$$

$$F_0 = a_0 \left(\frac{\Delta t}{\Delta s} \right) (\rho_s \rho_d), a_0 = A_0, A_0 = \frac{1}{k} \left[\ln \left(\frac{z_s}{z_0} \right) - \Psi_m \left(\frac{z_s}{L} \right) \right], \quad (5)$$

where Δt is time step, Δs is mesh area of model; L_d is the parameter of the sand-dust underlying surface; ρ_d and ρ_s are densities of the sand and air at surface, respectively; $q_{vs}(T_g)$ is the saturation specific humidity at surface, $q_{lc} = 0,005 \text{ Kg/Kg}$ which is the critical value of $q_{vs}(T_g)$; u_* is the friction velocity at surface; u_{*c} is the critical value of u_* , here adopted $u_{*c} = 0,6 \text{ ms}^{-1}$; k is Karman constant, z_0 is surface roughness length, z_s is the height observed surface wind speed; Ψ_m is nondimensional stability parameter for momentum; L is M - O length; g is acceleration of gravity; m_c is sand - dust mass in air column in unit area and m_c is related to spatial distribution of sand - dust particle size distribution; s_D is unit area; σ_D and σ'_D are air descending velocity and sand - dust dry deposition velocity in sigma (σ) coordinates, respectively.

5. Development of mesoscale model and control simulation included equation for transporting sand-dust

When we consider parameterization of the source and sink terms for sand-dust and horizontal as well as vertical diffusions for sand-dust, the equation (2) can be expressed as follows:

$$\frac{\partial p^* C}{\partial t} = -m^2 \left(\frac{\partial p^* u C / m}{\partial x} + \frac{\partial p^* v C / m}{\partial y} \right) - \frac{\partial p^* \sigma C}{\partial \sigma} + F_H(C) + F_V(C) + S_{\sigma} - D_{\sigma}, \quad (6)$$

where the horizontal diffusion $F_H(C)$ is used two types: one is a second-order diffusion, which is used the row and column of grid points next to the lateral boundaries; the other is a more scale-selective fourth-order diffusion, which is used on the interior of the grid. The vertical diffusion $F_V(C)$ is

used a second-order form, the vertical eddy diffusivity is a function of the local Richardson number.

When the equation (6) is introduced to the PSU/NCAR Mesoscale Model Version 4 (MM4) (Anthes, et al., 1987), we obtained a developed mesoscale model, which included the equation (6) for transporting sand-dust with parameterized scheme for source and sink terms of sand-dust.

The control simulation here is the same as that of description in the subsection 3.1 except for initial sand-dust concentrational field needs to specify in the developed model and simulative system, which is an idealized field of horizontal uniform with very rare sand-dust.

6. Simulated results and discussion

Figure 7 (a), (b) is the horizontal distribution of sand-dust concentration near the surface for control simulated 18 hours and 21 hours, which are corresponding with Fig. 5 (a), (b), respectively, verifying at (a) 0600 UTC (1400 BLT) and (b) 0900 UTC (1700 BLT) 5 May 1993. Fig. 7 (a) shown the central value of the sand-dust concentration had reached 944, $1\text{mg}/\text{m}^3$, in the mean time, the black storm had been generated and developing in the Badan Jaran Desert, while a small closed center occurred behind the main center. When the simulation was reached 21 hours, the central value of the sand-dust concentration had been increased to 1179, $0\text{mg}/\text{m}^3$ near Jinchang (Fig. 7b), which was basically close to the observed value $1016\text{mg}/\text{m}^3$ at Jinchang at 0830 UTC (1630 BLT) 5 May, in the meanwhile, the central value behind the main center was weakened. During this period, the black storm had been persistently developed and reached its mature stage, and moreover, its intensity was also enhanced the most intensive (Fig. 5b). UP to the simulated 24 hours, namely 1200 UTC (2000 BLT) 5 May, the central value of sand-dust concentration had been greatly decreased, but the sand-dust area was still larger; in the meantime, the black storm tended to decay (not shown).

Figure 8 is the West - East vertical cross section of the sand - dust concentration through the intense center of concentration in Fig.7b. We can see from this Figure, the sand - dust had gone up to 700hPa in the black storm area, Figure 9 is the accumulated sand - dust deposition amount at surface for control simulated 21 hours, we can obviously see a main deposition was located behind the sand - dust concentration center at surface while the deposition region was very large.

7. Conclusions

Based on the analysis and discussion concerning the results for mesoscale numerical simulation, we can obtained the following conclusions.

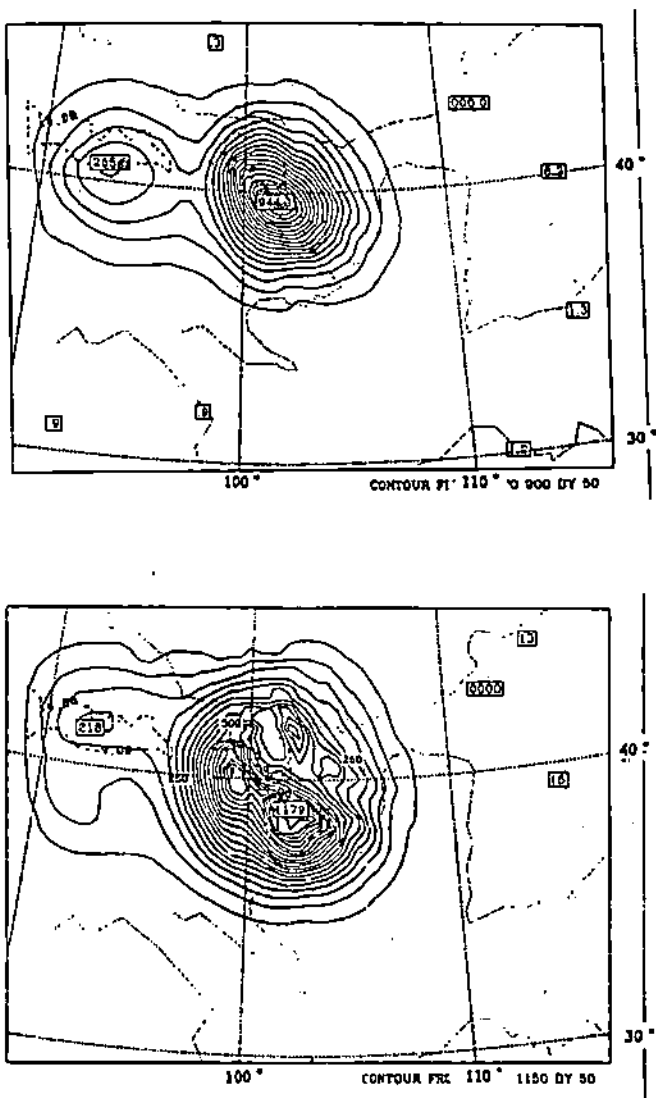


Figure 7. The sand - dust concentration fields near the surface for (a) 18h and (b) 21h for control simulation verifying at (a) 0600UTC (1400BLT) and (b) 0900UTC (1700BLT) 5 May 1993. Contour interval for concentration is $50\text{mg}/\text{m}^3$. represents Jinching

The synoptic analysis indicated the genesis and development of the "93. 5" black storm not only related to the interaction between the large - scale circulation and mesoscale system as well as the desert underlying sur-

face. The intense cold front associated with the black storm to possess the property of squall line.

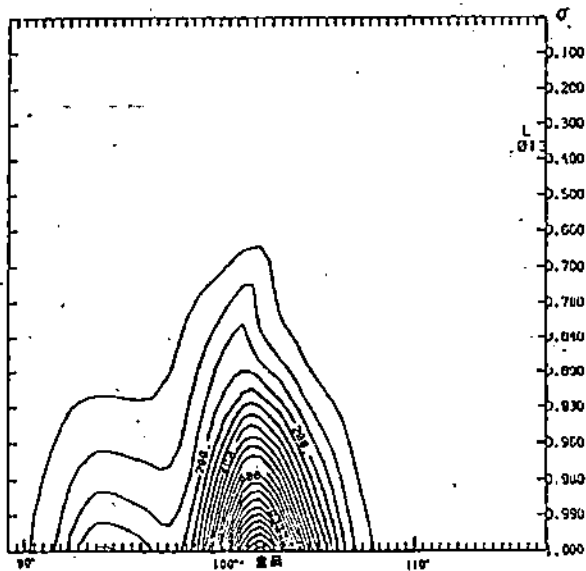


Figure 8. The West - East vertical cross section of the sand - dust concentration through the intense contour of concentration in Fig. 7b

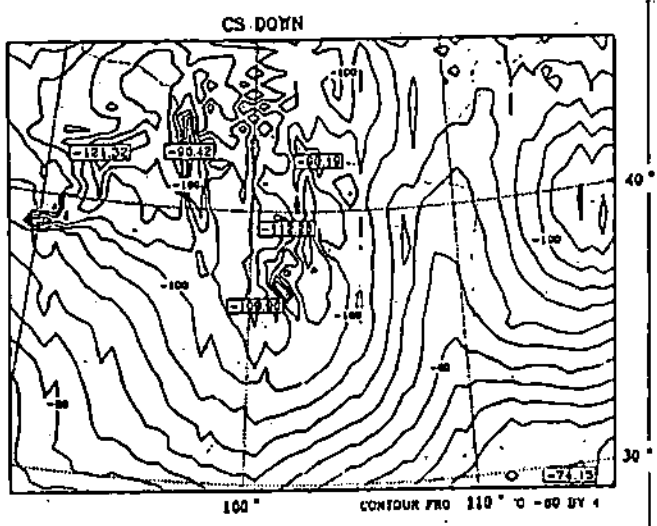


Figure 9. Accumulated sand - dust deposition amount at surface for 21h for control simulation. Contour interval for the amount is 4 kg

The results of control simulation based on mesoscale numerical model found the genesis and development of the "93. 5" black storm was directly related to the formation and development of a mesoscale cyclonic vortex in lower troposphere, a favorable allocation of the vertical vorticity column of the vortex was an important dynamic mechanism of intense development of driving black storm, while the very strong baroclinity in the mid - and lower-layers of troposphere and warm-cored structure in the PBL were thermal and connective instability condition of intensive development of the black storm.

A parameterized scheme of source and sink terms for sand-dust and an equation of transporting sand-dust were achieved and posed, while both this scheme and this equation were introduced to the mesoscale model and simulation system for MM4. Applying the improved and developed model and simulation system to achieve successfully simulations for the driving and elevating as well as transporting deposition of sand-dust for the "93. 5" black storm. The result revealed adopting mesoscale numerical model included the parameterized scheme of the source and sink terms for sand-dust and the equation of transporting sand-dust is a quite well method with applying prospects to study the black storms.

This study is supported by the National Natural Science Foundation of China under grant 49475268

References

1. Anthes R.A., Hsie E.Y. and Kuo Y.H. Description of the Penn State // NCAR Mesoscale Model Version 4 (MM4). NCAR Technical Note NCAR/TN - 282, STR. - 1987. - 66 p.
2. Carlson T.N., Prospero J.M. The large-scale movement at Saharan air outbreaks over the northern equatorial Atlantic // *J. Appl. Met.* - 1972. - Vol. 11. - P. 283-297.
3. Carlson T.N., Caverly R. Radiative characteristics of Saharan dust at solar wavelengths // *J. Geophys. Res.* 1977. - № 82. - P. 3141-3152.
4. Carlson, T.N., Benjamin S. G. Radiative heating rates for Saharan dust // *J. Atmos. Sci.*, 1980. - Vol. 37. - P. 193-213.
5. Chen S. J., Kuo H.J. The effect of dust radiative heating on low - level frontogenesis // *J. Atmos. Sci.* - 1995. - P. 1414-1420.
6. Cheng L. *Mesoscale Atmospheric Numerical Model and Simulation (in Chinese)*. China Meteorological Press, 1994. - 530 p.
7. Cheng L., Ma Y., Liu C. Influence of mesoscale model resolution on the evolutive simulation of the "93. 5" black storm. WMO/TD - №. 699. - 1995. - P. 323-328.

8. Cheng L., Ma Y. Development structure of the "93. 5" black storm and numerical experiment of different model resolution (in Chinese) // *J. Appl. Meteo.*, 1996. - Vol. 7, № 4. - P. 193-198.
9. Jiang J. A study of formation for "black storm" using GMS - 4 imagery (in Chinese) // *J. Appl. Met.*, 1995. - Vol. 6. - P. 177-184.
10. Karayampudi V.M., Carlson T.N. Analysis and numerical simulation of the Saharan air layer and its effect on easterly wave disturbances // *J. Atmos. Sci.*, 1988. - Vol. 45. - P. 3102-3136.
11. Westphal D., Toon O.B., Carlson T.N. A case study of mobilization and transport of Saharan dust // *J. Atmos. Sci.*, 1988. - Vol. 45. - P. 2145-2175.
12. Xu G. C., Chen M. L., Wu G. X. An extraordinary heavy sandstorm on 22 April 1977 in Gansu (in Chinese) // *Acta Meteo. Sin.*, 1979. - Vol. 37. - P. 26-35.
13. Yang G., Wang Y., Zhao Y. The endangering and countermeasures of "5.5" severe sandstorm in Northwest of China (in Chinese) // *Gansu Meteo.*, 1993. - Vol. 11. - P. 43-48.

Department of Atmospheric Science, Lanzhou
University, Lanzhou 730000, China

MESOSCALE NUMERICAL EXPERIMENTS OF DEVELOPING MECHANISM FOR THE "93,5" BLACK STORM AND PARAMETERIZATION OF SAND-DUST TRANSPORT

LINSHENG CHENG AND CHUNTAO LIU

Мезомасштабты ММ4 санды үлгіге негізделген модельдің нәтижесі бойынша "93,5" қара шаң боранының пайда болуы және дамуы төменгі тропосферадағы циклонды құйынның генезисімен байланысты екендігі көрсетілді. Модель құм-шаң массасының шығу және көшу параметрлері үлгісін есепке алады.

УДК 551.515.3 (262.83)

**ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ВЕТРОВОГО ПЕРЕНОСА ПЕСКА
В АРАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ**

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

Для 11 метеорологических станций Аральского региона определены скалярные и векторные величины, переносимых ветром во время дефляционных процессов масс песка, исследована частота и длительность пыльных бурь и позежков за 27-летний временной интервал наблюдений. В этом ряду отмечено наличие фаз спада и подъема интенсивности дефляционных процессов. Уменьшение интенсивности эоловых процессов наблюдалось в 80-е годы.

Основным результатом взаимодействия ветра с дефлируемой подстилающей песчаной поверхностью является вынос песка в виде аэрозоля за контуры массива и наступление барханов на сопредельные территории. Отрицательное влияние этих явлений на экологическую обстановку общеизвестно. В КазНИИ-МОСК при изучении песчано-солевых бурь Приаралья определению концентрации, расхода, направления ветрового переноса аэрозоля и его дальности, перемещению подвижных форм рельефа уделялось и уделяется самое пристальное внимание.

Для расчетов массы песка, переносимой ветром в приземном слое атмосферы во время явлений дефляции, в 80-х годах (в КазНИГМИ) О.Е. Семеновым была создана модель, в которой в качестве исходной информации использовались стандартные наблюдения метеорологических станций за пыльными бурями, скоростью ветра и данные о среднем геометрическом размере частиц песка в исследуемом районе [4]. Модель позволяла получать скалярные и век-

торные оценки объемов переноса песка. По ней рассчитывались средние многолетние годовые массы песка, переносимые в приземном слое атмосферы через фронт шириной 1 км. Тогда же А.П.Шаповым, для этой модели была разработана программа расчета векторов переноса. Выполненные по этой модели исследования позволили впервые детально оценить интенсивность дефляции и вынос песчаного аэрозоля за пределы осушенной части дна Аральского моря, а так же построить карты роз векторов объемов переноса песка в этом регионе [2,4]. Расчеты характеристик переноса выполнялись по данным десяти станций за период с 1966 по 1979 гг. В 1988-1990 гг. аналогичная работа была проведена для песков Прибалхашья и результаты этих исследований опубликованы в монографии [1].

С появлением компьютеров РС/АТ стало возможно полностью автоматизировать расчеты скалярных и векторных характеристик переноса. С.К.Волковой была разработана программа "PESOK", которая позволяет осуществлять расчеты характеристик переноса, а так же архивацию, корректировку и пополнение базы данных.

Скалярные оценки переноса песка ветром

Нами были рассчитаны новые 27-летние ряды наблюдений за период с 1966 по 1992 г. для 11 метеорологических станций Аральского региона. Все рассматриваемые станции можно условно разделить на три категории - морские, прибрежные и континентальные. К морским относятся станции О.Лазарева и Барса-Кельмес, к прибрежным - Аральское Море и Уялы и к континентальным - Саксаульская, Монсыр, Джусалы, Кзыл-Орда, Казалинск, Чирик-Рабат, Карак. Станцию Уялы в начальный период наблюдений следует также рассматривать как морскую. Для этих станций получены скалярные оценки масс переносимого ветром песка за год во время пыльных бурь (ПБ) и пыльных поземков (ПП). В табл.1 приведены основные статистики этих рядов: средние многолетние годовые расходы песка ($M, т \cdot км^{-1} \cdot год^{-1}$), их стандартные отклонения (σ), коэффициент вариации (C_v).

Таблица 1

Основные статистические параметры рядов переноса песка по станциям Аральского региона: М ($\text{т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$) - средняя многолетняя масса песка, б ($\text{т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$) - среднее квадратическое отклонение, C_v - коэффициент вариации.

Станция	Пыльная буря (ПБ)			Пыльный поземок (ПП)			ПБ+ПП		
	М	б	C_v	М	б	C_v	М	б	C_v
Аральское									
Море	3189,2	1502,9	0,47	655,4	904,4	1,38	3844,6	1979,0	0,51
Уялы	1840,5	2796,5	1,52	1977,5	2870,4	1,46	3818,0	4541,0	1,19
Монсыр	287,9	460,3	1,60	624,4	410,5	0,66	875,5	740,4	0,85
Казалинск	87,4	171,8	1,97	241,7	388,6	1,61	329,3	499,8	1,52
Кзыл-Орда	474,7	405,1	0,85	701,0	500,0	0,71	1175,7	652,0	0,56
Саксауль- ская	304,5	390,5	1,28	228,4	157,7	0,69	532,8	512,9	0,96
Чирик-Ра- бат	492,5	605,0	1,23	1,7	5,5	3,20	494,2	605,0	1,22
Карак	669,4	1027,1	1,53	1,59	8,1	5,10	671,0	1026,8	1,53
Джусалы	1634,3	4402,0	2,7	29,8	135,1	4,5	1664,1	4399,8	2,6
О.Лаза- рева	1615,7	5443,2	3,37	194,4	707,95	3,6	1810,2	5464,0	3,01
Барса- Кельмес	1522,0	4501,0	2,96	37,7	130,2	3,45	1559,7	4504,2	2,89

На станции Аральское Море средняя многолетняя масса песка, переносимого обоими явлениями, равна $3844 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Это значение близко к величине средней многолетней массы ст. Уялы. Однако величина среднего квадратического отклонения на ст. Уялы в 2,3 раза больше, чем на ст. Аральское Море, поэтому коэффициент вариации на ст. Аральское Море равен 0,56, а на ст. Уялы - 1,19. Основной вклад в перемещение песка на ст. Аральское Море вносят пыльные бури. Ими переносится 83 % от средней многолетней массы и только 17 % - пыльными поземками. На ст. Уялы пыльными бурями переносится $1840 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, что составляет 48 % от средней многолетней массы ($3817,5 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$) и $1977,5 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ - пыльными поземками (52 %).

На ст. Монсыр, средняя многолетняя масса песка, составляет $875 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. При этом поземками перемещается в два раза больше песка, чем пыльными бурями: $624 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ для поземков и $288 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ для бурь. Коэффициент вариации многолетнего ряда по бурям составляет 1,6, а по поземкам - 0,7. На другой континентальной станции Казалинск среднее многолетнее значение массы составляет $329 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Пыльными поземками здесь переносится почти в три раза больше песка, чем бурями. Коэффициент вариации одинаково высок для обоих рядов явлений и достигает значений - 1,97 для бурь и 1,61 - для поземков.

На ст. Кызыл-Орда средняя многолетняя масса песка обоих явлений равна $1176 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. При этом пыльными поземками здесь переносится $701 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, а бурями $474,7 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Коэффициент вариации равен 0,56. Такой же величины коэффициент вариации на станции Аральское Море, на всех остальных станциях он значительно выше.

На станции Саксаульская средняя многолетняя масса песка равна $533 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Здесь массы песка, переносимые пыльными бурями и пыльными поземками, близки по величине и равны 304 и 228 $\text{т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ соответственно. Коэффициент же вариации для ряда пыльных бурь в два раза выше, чем для пыльных поземков.

На станции Чирик-Рабат практически вся масса

песка переносится во время пыльных бурь и равна $492 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, пыльными поземками перемещается всего лишь $1,7 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Коэффициент вариации этого ряда очень высок - 3,2. На станции Карак и Джусалы, так же как и на станции Чирик-Рабат, перенос песка осуществляется в основном пыльными бурями. Среднее многолетнее значение массы песка пыльных бурь на ст. Карак составляет $669 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, пыльных поземков - $1,6 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. В районе станции Джусалы пыльными бурями переносится $1634 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, пыльными поземками - $30 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. На станции Карак для ряда масс пыльных поземков получен самый высокий коэффициент вариации из всех станций 5,1.

Анализируя ряды наблюдения островных станций Лазарева и Барса-Кельмес несложно заметить, что дефляционные процессы на первой из них начались лишь с 1975 года. Средние многолетние значения массы песка на О. Лазарева обоих явлений составляют $1810 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Здесь основная масса песка переносится пыльными бурями и составляет $1616 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, пыльными поземками - $195 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Коэффициенты вариации этих рядов близки по своим значениям и равны 3,37 для пыльных бурь, 3,6 - для пыльных поземков. На ст. Барса-Кельмес среднее многолетнее значение масс песка составляет $1560 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Здесь тоже основной вклад в перенос вносят пыльные бури - $1522 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, на пыльные поземки приходится лишь $38 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$.

Из одиннадцати станций Аральского региона только на четырех: Уялы, Монсыр, Казалинск и Кзыл-Орда средняя многолетняя масса песка, переносимого пыльными поземками, больше, чем пыльными бурями. На остальных же станциях основная масса песка переносится пыльными бурями.

Рассмотрим далее изменчивость интенсивности дефляционных процессов во времени. На рисунках 1 - 4 приведен многолетний ход масс песка, переносимого обоими явлениями, а так же сглаженная кривая, период сглаживания которой составил 5 лет. На рис. 1а показан многолетний ход для ст. Аральское Море.

М, т · км⁻¹ · год⁻¹

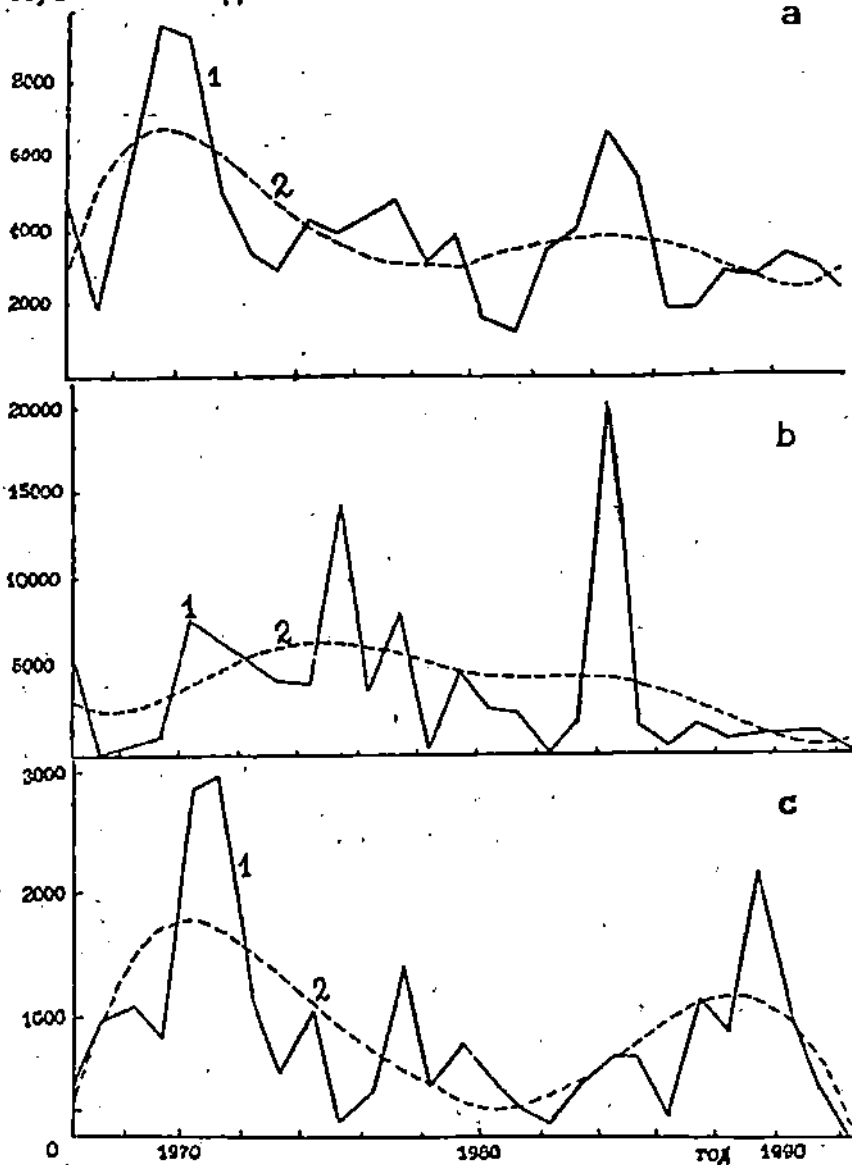


Рис. 1. Многолетний ход массы песка, переносимого пыльными бурями и позенками (1) и скользящая средняя (2) на ст. Аральское море (а), ст. Уялы (б), ст. Монсыр (с)

Здесь мы видим два пика, один из которых наблюдался в 1970-1971 годах и составил 9302 и второй 1983-1985 годах - $6500 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Если рассматривать в целом 27-летний ряд, то видно, что с 1986 г. наблюдается тенденция на уменьшение массы переносимого песка.

На рис.1б представлены данные ст.Уялы, где максимальный перенос песка был в 1984 году и составил $20269 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, что в два раза выше максимального значения на ст.Аральское Море. Здесь также произошло устойчивое уменьшение переноса песка с 1986 г. Влияние островного периода существования ст.Уялы на дефляцию песков можно проследить до 1974 года, после которого ход процессов в её окрестностях стал подобен ряду ст.Аральское Море.

На рис.1с приведен многолетний ход переносимых масс песка для ст.Монсыр. На рисунке видны два максимума, один наблюдался в 1971 году и равен $2942 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, второй - в 1989 году и составил $2204 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. В последнее пятилетие также наблюдается уменьшение переноса песка.

На рис.2а показан многолетний ход масс песка для ст.Казалинск. Здесь, начиная с 1966 года наблюдается стойкая тенденция к уменьшению переноса, а с 1980 года сглаженная кривая стремится к нулю.

На ст.Кзыл-Орда (рис.2б) кривая многолетнего хода масс имеет пилообразную форму, но по сглаженной кривой можно судить об устойчивом уменьшении ветрового переноса начиная с 1966 года.

Максимальное проявление дефляции на ст.Саксаульская наблюдалось в 1972 году (рис.2с), второй максимум в два с половиной раза меньше первого был в 1985 г. Сглаженная кривая показывает на уменьшение переноса песка.

Уменьшение величин переносимых масс также наблюдается и на ст.Чирик-Рабат (рис.3а), Карак (рис.3б) и Джусалы (рис.3с). Максимальная масса песка на ст.Чирик-Рабат была перемещена в 1968 году и составила $2529 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Аналогичный ход прослеживается и на ст.Карак, где максимум достиг в 1968 г. - $3210 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$.

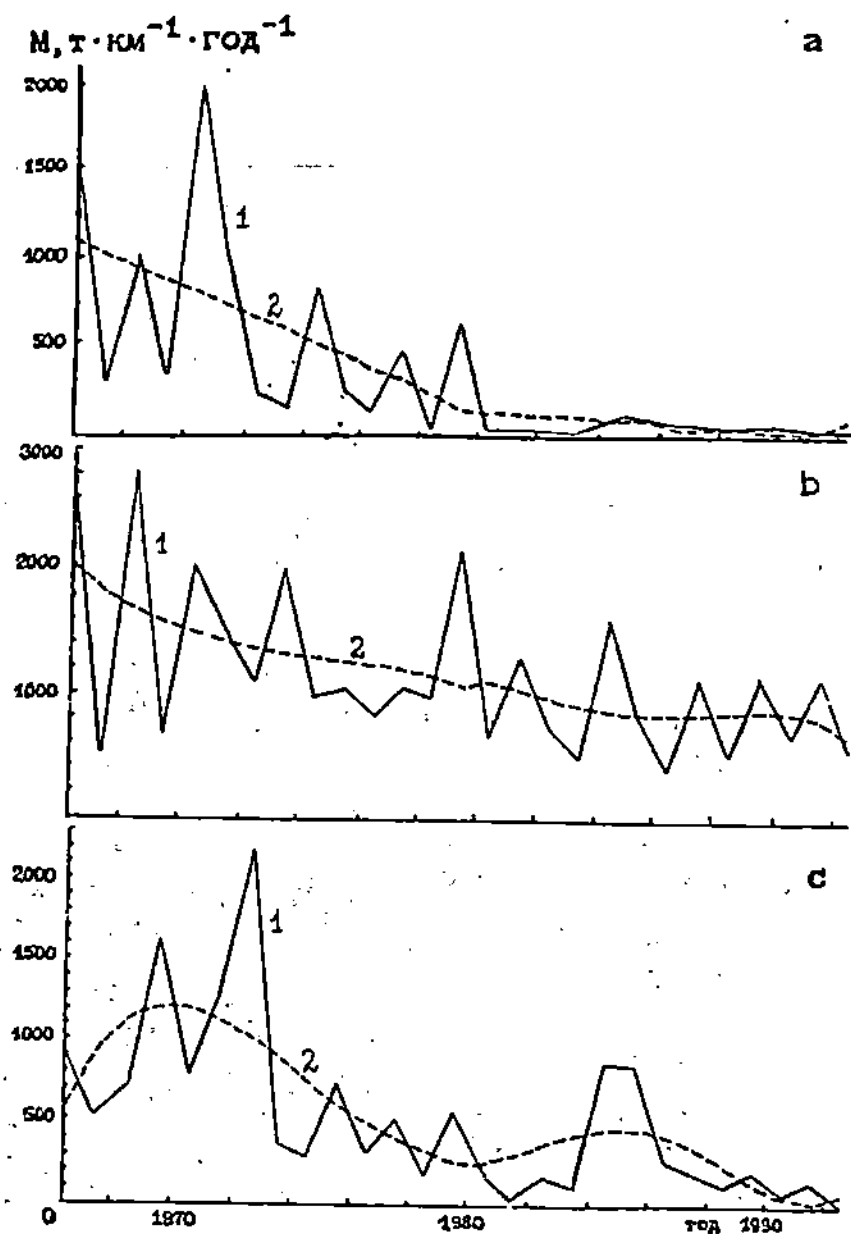


Рис. 2. Многолетний ход массы песка, переносимого пыльными бурями и поземками (1) и скользящая средняя (2) на ст.Казалинск (а), ст.Кзыл-Орда (б), ст.Саксаульская (с)

$M, \text{г} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$

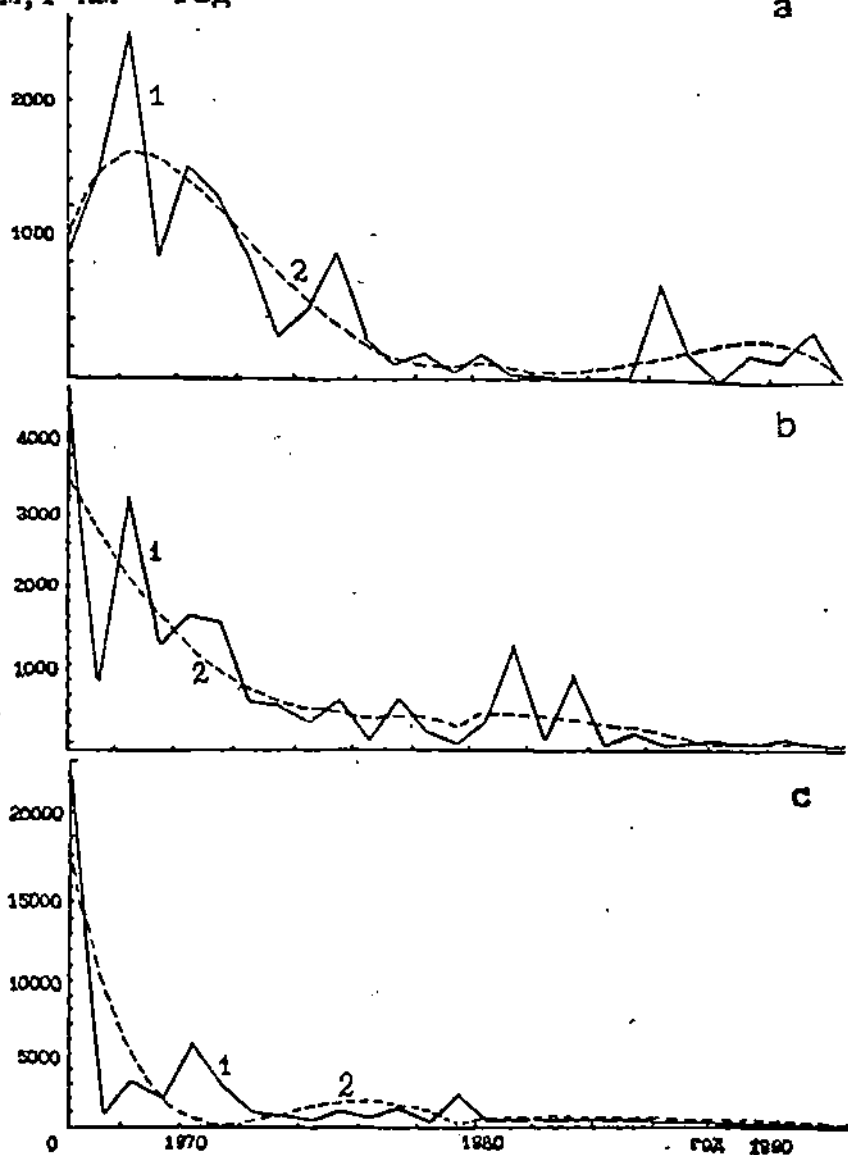


Рис. 3. Многолетний ход массы песка, переносимого пыльными бурями и поземками (1) и скользящая средняя (2) на ст. Чирик-Рабат (а), ст. Карак (b), ст. Джусалы (с)

Ст. О.Лазарева (рис.4а) - единственная из 11 станций, на которой явно выражена тенденция увеличения переносимых масс песка. На этой же станции зафиксирована и самая большая годовая величина массы - $29105 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Эта станция характеризует новый мощный очаг пыления на острове Возрождения.

На ст. Барса-Кельмес (рис.4б) можно выделить два максимума, первый в конце 60-х начале 70-х годов, наибольшее значение зафиксировано в 1970 году - $20647 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, второй максимум в 1966 году и его величина была равна $13253 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$.

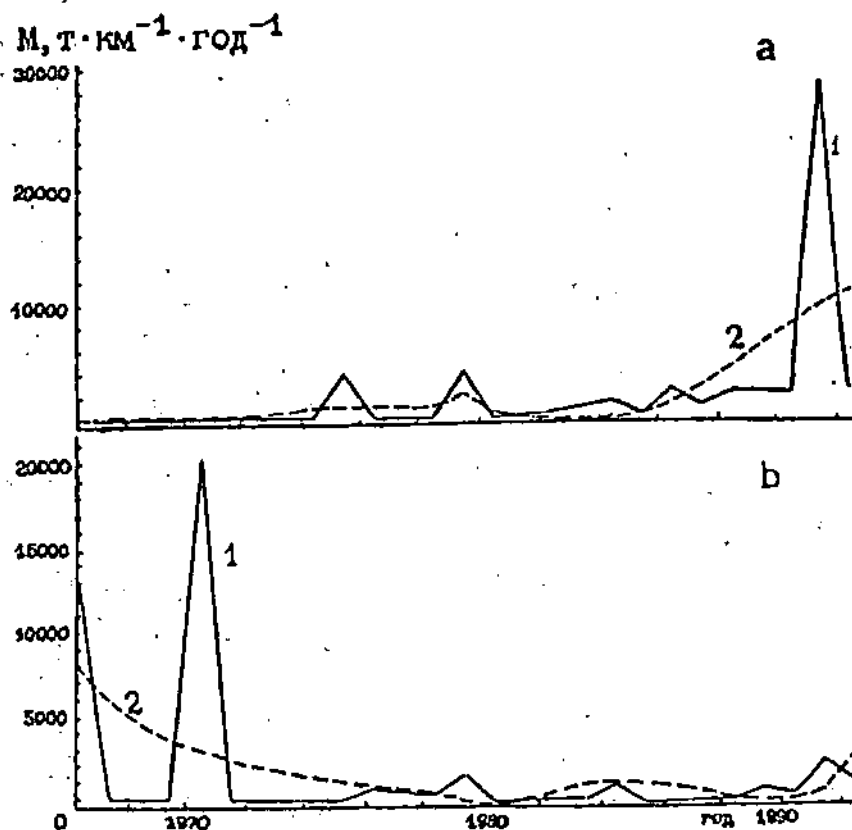


Рис.4. Многолетний ход массы песка, переносимого пыльными бурями и поземками (1) и скользящая средняя (2) на ст. о.Лазарева (а), ст. о.Барса-Кельмес (б)

Ряд станций таких как Аральское Море, Монсыр, Саксаульская, Чирик-Рабат имеют по два хорошо выраженных максимума и минимума. Особенно хорошо совпадает первый максимум, который был в 1970 году, второй максимум сдвинут по времени, на ст.Аральское Море и Саксаульская он был в 1985 году, на ст. Монсыр и Чирик-Рабат в 1989-1990 годах.

Продолжительность золотых процессов

Интересно сравнить многолетний ход процесса переноса масс песка ветром и числа суток с дефляционными явлениями. Оказалось, что экстремальное значение в ходе масс не всегда совпадает с максимумом числа суток. В табл.2 приведён многолетний ряд числа суток с пыльными бурями и поземками для всех станций рассматриваемого региона. Максимальное число суток на ст.Аральское Море наблюдалось в 1985 году и составило 137 суток. Каждый третий день в этом году наблюдался перенос песка. Это значение самое высокое из всех одиннадцати станций Аральского региона. Минимум в 1973 году составил 49 суток, среднее многолетнее значение для станции Аральское Море равно 84 суткам. Это также самый высокий показатель из рассматриваемых станций.

На ст.Уялы максимальное число суток с бурями и поземками было в 1975 году и достигло 85 суток, минимальное значение - 1 сутки в 1982 году. Среднее многолетнее значение равно 23 суткам. После активных дефляционных процессов, которые наблюдались с 1970 по 1977 год число суток с пыльными бурями и пыльными поземками на этой станции пошло на спад, который наблюдается до настоящего времени.

Среднее многолетнее значение числа суток с пыльными бурями и поземками на ст.Монсыр составляет 36 суток, максимум, равный 63 суткам, наблюдался в 1977 году. Период повышенной активности дефляционных процессов длился в течение десяти лет, начиная с 1970 года и пошел на спад с 1980 года. В 1989 году наблюдался второй максимум,

Таблица 2

Число суток с пыльными бурями и поземками для станций Аральского региона, 1966-1992 гг.

Год	Станция										
	Араль- ское Море	Уялы	Мон- сыр	Каза- линск	Кзыл- Орда	Сакса- ульс- кая	Чирик- Рабат	Карак	Джу- салы	О.Лаза- рева	Барса- Кель- мес
1966	109	5	12	55	62	82	15	30	30	0	5
1967	80	1	30	46	64	75	19	32	19	0	1
1968	86	3	21	36	70	66	26	36	31	0	0
1969	76	4	40	25	42	85	13	24	19	0	0
1970	77	35	51	30	61	80	19	16	37	0	7
1971	58	51	54	23	40	58	20	15	35	0	0
1972	99	83	50	10	41	78	29	15	13	0	0
1973	49	48	52	10	38	31	6	8	15	0	0
1974	59	27	52	22	60	52	12	6	8	0	0
1975	72	85	53	17	95	72	21	9	13	5	0
1976	79	39	27	14	47	58	9	4	16	0	3
1977	79	35	63	14	64	87	7	13	25	1	1
1978	105	5	49	3	69	35	2	2	13	1	3
1979	89	21	50	11	59	45	1	1	22	12	2
1980	59	17	39	5	55	48	2	4	18	3	0

Продолжение табл. 2

Год	Станция										
	Араль- ское Море	Уялы	Мон- сыр	Каза- линск	Кзыл- Орда	Сакса- ульс- кая	Чирик- Рабат	Карак	Джу- салы	О. Лаза- рева	Барса- Кель- мес
1981	51	6	22	1	58	14	2	4	9	0	0
1982	59	1	18	0	51	42	1	2	4	3	0
1983	101	13	31	0	48	37	0	6	3	5	1
1984	115	48	39	4	72	74	0	0	6	9	1
1985	137	6	21	2	71	91	0	2	10	1	0
1986	85	12	17	1	69	43	8	1	18	10	0
1987	77	9	21	0	60	25	5	0	13	3	1
1988	93	10	43	0	111	26	0	2	15	17	0
1989	85	10	56	2	122	16	3	1	13	13	6
1990	96	18	49	0	93	7	9	4	16	14	4
1991	115	14	16	0	99	13	4	0	11	17	2
1992	69	6	0	0	110	0	0	1	7	9	5
М	83,7	22,6	36,1	12,3	67,8	49,6	8,6	8,8	16,2	4,6	1,5
Max	137	85	63	55	122	91	29	36	37	17	7
Min	49	1	0	0	38	0	0	0	3	0	0

лишь не значительно меньше первого - 56 суток. На ст. Монсир хорошо выражен волнообразный ход с двумя максимумами и минимумом. Такой же ход был характерен и для многолетних масс переносимого песка.

На ст. Казалинск картина кардинально отличается от предыдущих станций. Здесь мы видим неуклонное снижение числа суток с дефляционными процессами. Максимум здесь наблюдался в 1966 году и составил 55 суток, среднее многолетнее значение равно 12 суткам. За последние 10 лет на этой станции среднее значение уменьшилось до 0,9 числа суток с пыльными бурями и поземками. Здесь с большой вероятностью можно констатировать, что развитие орошения на Казалинском массиве привело к благоприятным изменениям природной среды.

На ст. Кзыл-Орда среднее многолетнее число суток с дефляционными процессами равно 48. Эта вторая по величине в регионе средняя многолетняя после ст. Аральское Море. По максимуму ст. Кзыл-Орда также стоит на втором месте после ст. Аральское Море. Здесь максимальное значение достигало 122 суток в 1989 году. Минимальное значение числа суток с дефляционными процессами равно 38 и отмечалось в 1973 году.

Среднее многолетнее значение числа суток с дефляционными процессами по ст. Саксаульская составляет 50 суток. Абсолютный максимум за 27-летний рассматриваемый период наблюдался в 1985 году - 91 суткам. Близкие к этому значению экстремумы наблюдались в 1969 и 1977 годах. Здесь наблюдается уменьшения числа суток с пыльными бурями и поземками за рассматриваемый 27-летний период.

Чирик-Рабат относится к станциям, где среднее многолетнее значение числа суток с пыльными бурями и поземками невелико - всего 8 суток. Максимальное число суток с дефляционными процессами наблюдалось в 1972 и равно 29.

Многолетний ход числа суток с пыльными бурями и пыльными поземками на ст. Карак хорошо сопоставим с аналогичным ходом на ст. Казалинск. Среднее многолетнее число суток с дефляционными процессами на ст. Карак равно 9. Максимальное значе-

ние отмечено в 1968 году и составило 36 суток.

Среднее многолетнее число суток с переносом песка составляет на ст. Джусалы 18, максимальное значение наблюдалось в 1970 году - 37 суток, минимальное - 3 суток отмечено в 1983 году.

Ст. О. Лазарева, единственная из одиннадцати рассматриваемых станций, где, начиная с середины 70-х годов, наблюдается неуклонный рост числа суток с дефляционными процессами. Среднее значение за 27-летний ряд наблюдений равно 4,6. Если брать последние десять лет наблюдений (с 1982-1992 годов) то среднее значение за этот интервал времени достигло 10. Максимальное значение равно 17 суткам и отмечено в 1991 году. Это новый мощный очаг пыления образовался в результате падения уровня моря и осушения больших площадей дна.

Ст. Барса-Кельмес имеет наименьшую среднюю многолетнюю повторяемость явления - она равна 1,5 суткам. За последнее рассматриваемое десятилетие среднее значение увеличилось незначительно - до 2 суток. Максимум наблюдался в 1971 году и составил 7 суток. Второй экстремум, близкий к первому - 6 суток, был зарегистрирован в 1989 году.

Векторные характеристики переноса песка

При решении задач по перемещению песков ветром и изучении влияния бурь на окружающие территории ветропесчаные потоки следует рассматривать в качестве векторных величин, так как наряду со скалярной характеристикой (массой) они имеют и кинематический параметр - направление в пространстве. Примерами такого векторного подхода к исследованиям бурь могут служить задачи по определению скорости и направления перемещения золотых форм рельефа (барханов, песчаных гряд), по выносу песка на прилегающие территории, взаимодействию песчаного потока с различными сооружениями.

Основными векторными характеристиками дефляции песков являются годовая роза векторов, представляющая собой суммы масс песка, переносимых за год в направлениях каждого из 16 румбов, и годо-

вой результирующий вектор, показывающий конечное направление передвижения эоловых форм рельефа в результате многочисленных случайных перемещений в пространстве и во времени. Средняя многолетняя роза векторов исключительно важна при оценке выноса песка за границы контуров изучаемого песчаного массива и для разработки проектов противодефляционных мероприятий. Средний многолетний результирующий вектор может служить для прогноза направления перемещения массива подвижных песков или отдельных форм песчаного рельефа.

На рис. 5 и 6 приведены средние многолетние розы векторов годовых объемов переноса и средние многолетние годовые результирующие векторы переноса для Приаральского региона.

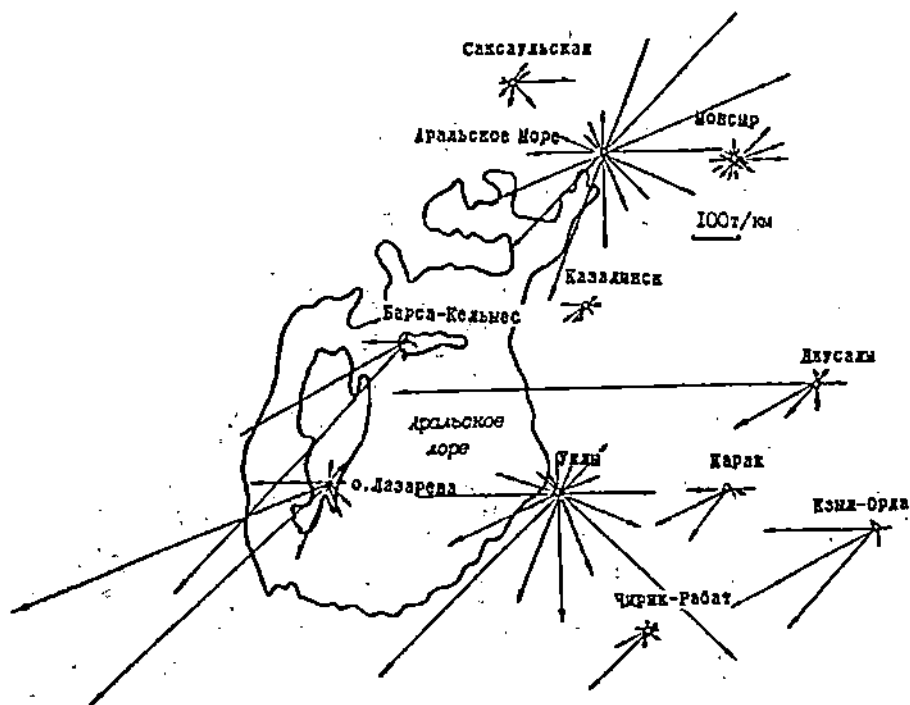


Рис. 5. Средние многолетние розы векторов переноса песка в Приаралье

Представленные величины являются суммарными для пыльных бурь и поземков.

На рисунках хорошо видны, в первую очередь по результирующим векторам, различия в выносе твердой фазы в северных и южных регионах Восточного Приаралья. На севере преобладает перенос в направлении восточных румбов. На юге превалирует перенос в направлениях от западного до юго-западного. Условная граница этих зон может быть определена по 46° с.ш.. Кроме того, обращает на себя внимание более интенсивный перенос в юго-западном направлении на островных и прибрежных станциях.

На ст. Аральское Море максимальный перенос наблюдается в направлениях северо-восточной и юго-западной четвертей - $462 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ на северо-восток и $465 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ на юго-запад. В других направлениях перенос значительно меньше. Минимальный модуль имеет северо-западный вектор и равен $65 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$.

На соседних с нею станциях Саксаульская и Монсыр, но являющихся континентальными, преобладает перенос в восточном направлении. На ст. Саксаульская на восток переносится $145 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, а на ст. Монсыр - $125 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. В других направлениях перенос значительно меньше.

На ст. Казалинск, Джусалы, Кзыл-Орда, Карак и Чирик-Рабат, а так же на прибрежной ст. Уялы преобладает перенос в направлениях юго-западной четверти. Ст. Карак и Чирик-Рабат являются континентальными и расположены в регионе, где антропогенное влияние на процессы генерации пыли минимально, незначительно так же здесь и влияние выносов из районов осушки дна Аральского моря. Поэтому с высокой степенью достоверности данные о переносе по этим станциям можно считать фоновыми. При рассмотрении тенденции климатического хода процессов на ст. Карак векторы румбов с максимальным переносом имеют следующие значения: ЮЗ - $210 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, ЮЗ - $172 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, З - $125 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Чирик-Рабат - самая южная из рассматриваемых станций. На ней выделяется один хорошо выраженный вектор юго-западного направления - $200 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, по остальным направлениям перенос очень слабый. На станции Кзыл-Орда роза векторов аналогична розе векторов станции Карак, но

модули векторов примерно в два раза больше. Максимальный перенос наблюдается в ЗЮЗ направлении и равен $402 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, на ЮЗ переносится $331 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, на З - $284 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Для станции Джусалы характерно подавляющее преобладание переноса в западном направлении - модуль этого вектора равен $984 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ и существенно превосходит величины всех других румбов. Станция Казалинск находится в районе закрепления подвижных песков растительностью, поэтому здесь получены самые низкие величины переноса. Максимальный перенос здесь наблюдается в З и ЮЗ направлениях и составляют $75 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$.

На ст. Уялы максимальный модуль имеют юго-западный ($633 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$) и юго-восточный ($592 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$) векторы. Отличительной особенностью переноса в районе этой станции является большая величина юго-восточного вектора. Значительная доля его обусловлена очень интенсивной пыльной бурей 15-17 июня 1984 года. Тогда в юго-восточном направлении было перенесено около $1900 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, что составляет 12 % от среднего многолетнего модуля вектора.

Две островные станции О.Лазарева и Барса-Кельмес имеют подобные розы векторов. Максимальные величины здесь имеют векторы юго-западного и запад-юго-западного направлений. На ст. О.Лазарева при ЗЮЗ направлении переносится $1094 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, при ЮЗ - $800 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. На ст. Барса-Кельмес при ЗЮЗ румбе - $460 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, при ЮЗ - $840 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. По другим румбам переносимые массы на несколько порядков меньше.

Подводя итог рассмотрению средних многолетних роз векторов переноса песка в Приаралье можно сделать вывод, что большинство станций этого региона имеет максимальные значения модуля в направлениях юго-западной четверти и лишь некоторые станции имеют максимальные значения векторов, направленные на восток и северо-восток.

Средние многолетние результирующие векторы переноса песка (рис.6) включают в себя значения, полученные как для пыльных бурь, так и для пыльных поземков и показывают, в каком направлении

идет перемещение подвижных песков за рассматриваемый период времени. Анализируя рис.6, можно констатировать, что станции, расположенные севернее Аральского моря (Саксаульская, Аральское море, Монсыр), имеют средний многолетний результирующий вектор, близкий к восточному румбу, а именно: ст. Саксаульская - 115° , при модуле $226 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, ст. Аральское море - 116° , модуль равен $569 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ и ст. Монсыр - 76° , модуль - $150 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$.

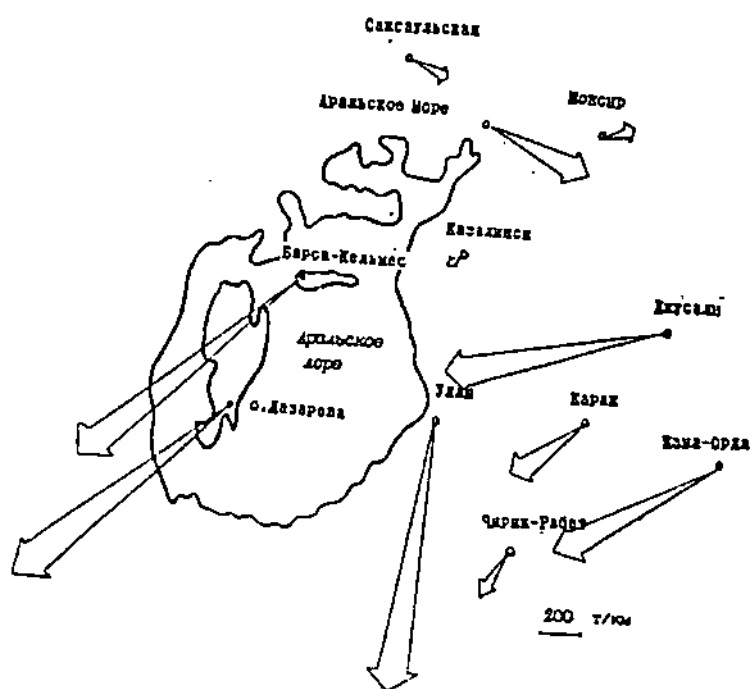


Рис.6. Средние многолетние годовые результирующие векторы переноса песка ветром в Приаралье

Следует отметить, что на станции Аральское Море

направление результирующего вектора не совпадает с направлениями максимального переноса, так как векторы северо-восточной и юго-западной четверти, практически, полностью компенсируют друг друга. Оставшиеся восемь станций рассматриваемого региона имеют направление многолетнего результирующего вектора, близкое к южному, юго-западному и западному румбам. Как видим, эти направления практически противоположны направлению на северных станциях. Возможно это связано с определенными синоптическими процессами, происходящими в этом регионе. Детально остановимся на полученных результатах каждой станции. Самый большой средний результирующий вектор наблюдается на ст. О.Лазарева, его величина равна $2331 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$, при направлении переноса 232° . Второй по величине вектор на ст. Уялы ($189^{\circ} - 1413 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$) и на ст. Барса-Кельмес ($231^{\circ} - 1403 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$). Данные станций хорошо отражают картину дефляционных процессов, происходящую в районах, где они расположены. Это новые обширные, песчаные массивы, образовавшиеся в ходе падения уровня моря и осушки значительных площадей, подверженные выветриванию.

К станциям, на которых ветром перемещаются несколько меньшие массы песка, относятся Джусалы, где модуль вектора равен $1142 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ при направлении 260° , и Кзыл-Орда, модуль равен $973 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ при направлении 243° .

На ст. Карак модуль равен $424 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ при направлении результирующего вектора 236° , здесь переносимая масса песка сопоставима с ее величиной на ст. Аралское Море.

На ст. Чирик-Рабат величина модуля равна $285 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ при направлении 221° . Эта масса сопоставима с модулем вектора ст. Саксаульской.

Ст. Казалинск имеет наименьший модуль вектора из всех одиннадцати станций, он равен $124 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ при направлении 234° . Его величина в десять с лишним раз меньше максимальных значений в этом регионе.

Таким образом, выполненные исследования направления переноса песка позволяют сделать вывод,

что перемещение подвижных песков севернее 46° параллели идет в восточном направлении. Движение песков, расположенных южнее этой параллели, наблюдается на востоке региона в западном направлении, а в районах, примыкающих к Аралу, и на островах - в юго-западном и южном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы гидрометеорологии озера Балхаш и Прибалхашья / Под ред. И.И.Скоцеляса. - СПб.: Гидрометеоздат, 1995.- 269 с.
2. Семёнов О.Е. Оценка ветрового выноса песка и солей с осушенной части дна Аральского моря // Тр.КазНИИ Госкомгидромета. - 1988. - Вып.102. - С. 39-54.
3. Изменчивость климата Средней Азии / Под ред. Ф.А.Муминова, С.А.Иногамовой.- Ташкент: Изд-во САНИГМИ, Главгидромет РУз. 1995.- 215 с.
4. Гидрометеорологические проблемы Приаралья / Под ред. Г.Н.Чичасова. - Л.: Гидрометеоздат, 1990. - 276 с.

Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

АРАЛ АЙМАҒЫНДА ҚҰМНЫҢ ЖЕЛМЕН АУЫСТЫРЫЛУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Физ.-мат. ғ. канд. О.С.Галаева
О.Е.Семенов
А.П.Шалов

Арал аймағындағы 11 метеорологиялық станса үшін дефляциялық процесстер кезінде скалярлық және векторлық құм массаларының ауысу мөлшерлері анықталды, 27 жылғы бақылау арқылы шаңды дауыл мен сырманың ұзақтағы, оның жиілігі зерттелді. Бұл қатарда дефляциялық процестің төмен түсу және көтерілу қарқынының кездесетіндігі белгіленді. 80-ші жылдары золов процесі қарқынының азаюы бақыланды.

УДК 551.583.13(574)

О МЕТОДАХ ОЦЕНКИ ОЖИДАЕМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА И СЦЕНАРИИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА КАЗАХСТАНА

С.А. Долгих

Канд. геогр. наук О.В. Пилифосова

Рассматриваются методы построения сценариев ожидаемых изменений климата. На основе данных моделирования по пяти моделям общей циркуляции атмосферы дана оценка качества воспроизведения моделями современного климата Казахстана и рассмотрены сценарии изменения регионального климата на момент удвоения концентрации CO_2 в атмосфере.

Вопрос о возможных изменениях климата под влиянием человеческой деятельности привлекает пристальное внимание как ученых, так и широких кругов общественности. Причина этого внимания состоит в следующем. Во-первых, по данным наблюдений обнаружено так называемое глобальное потепление - по оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) за последнее столетие температура воздуха у поверхности континентов и океанов повысилась примерно на $0,53^{\circ}C$ в северном полушарии и на $0,52^{\circ}C$ в южном. Во-вторых, после Международного геофизического года (1957-1958 гг.) организованы регулярные измерения концентрации углекислого газа и зафиксирован рост его содержания в атмосфере, связанный с увеличением количества сжигаемого органического топлива. А поскольку теоретические расчеты показывают, что рост концентрации парниковых газов может быть причиной потепления приземного воздуха, эти два факта были связаны друг с другом и на их основе сделаны прогнозы о дальнейшем повышении температуры. Как показывают данные за последнее десятилетие, эта тенденция сохраняется - 1995 год

оказался экстремально теплым в глобальном масштабе, и если не будет ограничений на выбросы парниковых газов, то при удвоении концентрации CO_2 в атмосфере, это примерно к середине следующего столетия, средняя глобальная температура воздуха ожидается выше, чем она наблюдалась за последние 150 000 лет. Значительная величина потепления и плюс к этому беспрецедентная скорость изменения климата создают угрозу необратимости процесса глобального потепления климата в случае неконтролируемых выбросов парниковых газов. Это подтолкнуло правительства более чем 150 стран, в том числе и Казахстан, к подписанию Рамочной конвенции ООН об изменении климата, что активизировало сотрудничество ученых и целых научных центров в этой области исследований. Работы в данном направлении ведутся во многих странах в рамках Всемирной климатической программы, осуществляемой под руководством ВМО и при активной поддержке со стороны ЮНЕП. Полученные результаты уменьшили неопределенности в оценке причин и величины глобального потепления и относительно поведения глобальной климатической системы. В целом, результаты исследований указывают на то, что наблюдаемые тенденции маловероятно связаны с природной изменчивостью климатической системы [4].

Несмотря на чрезвычайную сложность проблемы поведения климатической системы, ученые пытаются различными способами заглянуть в будущее и дать прогноз изменения климата. Прогнозы климата в значительной степени носят условный характер и не могут рассматриваться в полной мере как предсказание климата будущего, поэтому их принято называть сценариями изменения климата. Они необходимы как первый шаг при оценке уязвимости и выработке адаптационных мер в природоёмких отраслях экономики к потенциальным изменениям климатических условий. В целом ряде стран, в том числе и в Казахстане, ведутся подобные работы [3,6]. На основании результатов этих исследований в дальнейшем должны разрабатываться методы смягчения влияния негативных последствий изменения климата.

В настоящее время существует несколько ос-

новых подходов к построению сценариев изменения климата. Остановимся на некоторых из них.

Метод палеореконокструкций [1] заключается в использовании сведений о климатических условиях прошлого, в котором средняя глобальная температура была равна прогнозируемой. Ограничения применения метода палеореконокструкций возникают в результате неточностей в интерпретации последствий изменения ландшафтов и орографии, перенесения стационарных климатических условий на нестационарную ситуацию, неопределенности роли различных факторов в прошлом.

Статистические методы, основанные на использовании данных наблюдений, когда при прогнозе региональных климатических условий последние связывают со средней глобальной или полушарной температурой воздуха, а затем экстраполируют найденные связи на будущее, принимая за основу тот или иной прогноз глобальной температуры воздуха. Однако, этот подход имеет и ряд существенных недостатков, основной из которых то, что в качестве предиктора используется прогноз глобальной температуры воздуха. Последний сам, в свою очередь, строится на прогнозе роста концентрации CO_2 и других парниковых газов и не является вполне однозначным.

В России для прогноза изменения климата на 20-летний период применяется метод вероятностного прогноза короткопериодных колебаний климата [2], который основан на подборе групп аналогов в зависимости от изменения предиктанта - концентрации CO_2 , и позволяет получить прогноз в виде функции распределения вероятностей предиктанта. К ограничениям возможности применения данного метода можно отнести следующее: этим методом практически невозможно дать прогноз климата с учетом антропогенного роста концентрации CO_2 более чем на 20 лет, так как в ряду данных о CO_2 за последнее столетие не наберется достаточного количества периодов-аналогов, чтобы получить надежные статистические характеристики их выборки. В работе [7] данный метод был применен для построения сценариев изменения термического режима и увлажнения территории Республики Казахстан до 2010 года. По-

лучено, что по всей территории Казахстана ожидается рост средней месячной температуры воздуха - максимальный в зимнее время (до 5-6 °С), и минимальный в переходные сезоны (1-2 °С). Рост температуры будет сопровождаться некоторым уменьшением количества осадков весной - на 5-8 %, более существенным уменьшением летом - на 25-30 %, в холодное полугодие предполагается незначительное увеличение количества осадков - на 12-15 %. Среднее годовое количество осадков несколько уменьшится - на 4-6 %.

На наш взгляд, из всех существующих в настоящее время путей построения сценариев изменения климата наиболее прогрессивным является использование детальных моделей теории климата. При таком подходе поведение климатической системы Земли рассчитывается по основным законам физики, таким как законы сохранения энергии, массы и второй закон Ньютона. Эти законы, выраженные через уравнения, решаемые с применением численных методов, определяют скорость, с которой происходят изменения приземной температуры, давления воздуха, концентрации водяного пара, температуры и влажности почвы, массы снега, скорости ветра и т.д., то есть, описывают изменения характеристик атмосферы во времени и пространстве. Существуют три класса математических моделей: энергобалансовые, радиационно-конвективные и модели общей циркуляции атмосферы (модели ОЦА). Остановимся подробнее на последних, т. к. модели ОЦА - это единственный тип моделей климата, с помощью которых кроме температуры можно определить ряд других характеристик (осадки, влажность почвы, облачность), а также их географическое распределение, что позволяет получить оценки региональных изменений климата. Для описания процессов, которые не могут быть воспроизведены в моделях, применяется параметризация, то есть закономерности физических процессов мелкого масштаба описываются в моделях ОЦА с помощью параметров крупномасштабных процессов (турбулентный перенос тепла и влаги, конвекция, конденсация, перенос инфракрасного излучения, формирования облаков, образование и таяние снега,

потоки тепла в почву). И, наконец, задаются граничные условия и параметры, это: радиус Земли, ускорение свободного падения и угловая скорость вращения Земли, орбитальные параметры Земли, масса атмосферы, характеристики облаков и газов (термодинамика), альbedo, орография. Атмосферу делят на слои, вертикально и горизонтально, время - на интервалы. Модели ОЦА имеют от 2 до 11 вертикальных слоев и горизонтальное разрешение до 1000 км. Для регионов это, конечно, мало, но эти шаги выбираются, исходя из возможностей вычислительной техники. При моделировании воздействия CO_2 на климат, модели ОЦА комбинируются с разными моделями общей циркуляции океана (ОЦО), что еще больше усложняет модели и, следовательно, продолжительность расчетов. Заметим, что создание компьютера, который позволил бы дать адекватное разрешение для всех физических процессов, происходящих в климатической системе, остается делом будущего.

Для вычислений с помощью моделей изменения климата в результате роста CO_2 и других парниковых газов в атмосфере существует 2 пути: первый - исследование равновесных состояний климата; второй - исследование изменения климата в зависимости не только от роста концентрации CO_2 , но и от времени (неравновесные состояния климата). В первом случае определяют, как изменится климат, если концентрация парниковых газов увеличится на определенное постоянное значение, а климатическая система достигнет нового равновесия при этих более высоких значениях, независимо от времени, необходимого для достижения нового состояния. В таких исследованиях сначала производится расчет состояний климата для некоторой концентрации CO_2 в доиндустриальный период (обычно около 300 млн^{-1}), а затем с другой фиксированной концентрацией CO_2 , которая в 2, 4, и в 10 раз превышает контрольное значение. При моделировании с помощью ОЦА любой осредненной по времени величине присуща изменчивость при стационарном состоянии климата. Эта естественная изменчивость представляет собой шум, на фоне которого выделяется сиг-

нал - разница между характеристиками экспериментального и контрольного климата. Если отношение сигнала к шуму достаточно велико, то можно утверждать, что экспериментальный расчет в действительности отражает его новое состояние, а не является другим вариантом исходного. Модели ОЦА и ОЦО постоянно совершенствуются. Так, учет влияния облачности, аэрозолей, усовершенствование цикла углерода приводят к более низким прогнозам температуры. Например, если по оценкам МГЭИК, опубликованным в 1990 г., диапазон предполагаемого изменения средней годовой глобальной температуры составлял 1,0-4,5 °С по различным моделям ОЦА, то в отчетах МГЭИК за 1995 г. диапазон уменьшился и составляет 1,0-3,5 °С. Разброс прогнозируемых значений объясняется различием в моделях принятых исходных состояний средней глобальной температуры и значительной неопределенностью при расчете чувствительности приземной температуры к увеличению концентрации парниковых газов. Хотя величина, пространственное и сезонное распределения изменений климата по различным моделям имеют свои особенности, можно выделить некоторые общие черты предполагаемых изменений глобального климата. Изменения температуры увеличиваются в направлении от тропиков к полюсам, зимой потепление максимально, летом - минимально. Практически все модели показывают увеличение средних глобальных осадков. Изменения количества осадков по направлению к полюсам, в основном, положительны и зимой и летом. Географическое распределения изменения осадков при удвоении концентрации CO₂ по различным моделям различается в гораздо большей степени, чем расчеты изменений температуры, особенно в зоне 30° с.ш. - 30° ю.ш. Коэффициенты корреляции изогий между различными моделями не превышают 0,1. Это не является неожиданностью, так как многие физические процессы, которые определяют осадки, имеют горизонтальный масштаб, выходящий за рамки разрешения моделей. Как говорилось выше, эти невоспроизводимые процессы параметризуются. Чтобы улучшить положение, необходимо воспроизводить в моделях, по крайней мере, мезомасштабные

атмосферные процессы. Это потребует десятикратного увеличения горизонтального разрешения моделей и, следовательно, в тысячу раз больших затрат вычислительных ресурсов.

Установить правильность расчетов чувствительности температуры и осадков по моделям весьма непросто, даже если полученные по ним оценки, относящиеся к современному климату, достаточно точны. Сравнение расчетов по моделям и данных наблюдений (для глобальной температуры) показало, что модели обладают чувствительностью, превышающей естественную чувствительность климатической системы. Это объясняется тем, что модели более упрощенно учитывают такие свойства климатической системы, как, например, инерционность, нелинейность, обратные связи, переходные явления и другие.

Это результаты экспериментов модельных расчетов по равновесному состоянию климата. Казалось бы, зная прогноз температуры к 2000-2010 гг., можно определить величину потепления. Однако, напрямую интерполировать равновесные изменения климата для того, чтобы узнать, как изменится климат предположительно к 2000-2010 гг., нельзя. Если интерполировать найденные по моделям изменения температуры в результате удвоения концентрации CO_2 , то к настоящему времени изменение температуры составит $1,6^\circ\text{C}$, а по данным наблюдений изменение составляет лишь $0,53^\circ\text{C}$. Таким образом, необходимы модельные оценки с учетом изменения концентрации CO_2 со временем, то есть, необходимы данные соответствующих расчетов по неравновесным моделям (в равновесных моделях принято, что концентрация CO_2 - const). Расчеты показали, что в отличие от результатов по равновесным моделям, на картах постоянно присутствуют районы, в которых изменения температуры отрицательны. Таким образом, если повышение концентрации CO_2 невелико, невелик и сигнал, и в некоторых районах изменчивость может доминировать над ним.

Это - кратко о существующих сценариях глобального климата с помощью моделей ОЦА. Какой можно сделать вывод об этих сценариях? К достоинствам моделей ОЦА можно отнести то, что модели по

возможности учитывают физику процессов, позволяющих воспроизводить и прогнозировать климат. К ограничениям возможностей существующих моделей относятся: горизонтальное разрешение моделей, не позволяющее вполне адекватно воспроизводить региональный климат и, следовательно, достаточно реалистично прогнозировать его; с помощью моделей затруднительно получить прогнозы на более ближние сроки, не на середину будущего века, а на 10-20 лет, что практически является более ценным; уровень шума в моделях настолько высок, что при удвоении (и при учетверении) концентрации CO_2 в атмосфере не удастся выделить статистически значимые изменения осадков, в результате чего модели плохо согласуются между собой в оценке осадков. Лучше обстоит дело с термическим режимом, однако, величина потепления по различным моделям разная.

Сценарии климата отдельных регионов являются наиболее неопределенными и сложными, так как изменения температуры в отдельных регионах могут быть более или менее значительными, или даже противоположного знака по сравнению с изменением средней глобальной температуры, и могут также сопровождаться изменением других климатических элементов: осадков, влажности и т.д. в соответствии с региональными особенностями формирования климата. Однако, поскольку такие прогнозы представляют большой научный и, главное, практический интерес, они разрабатываются и даются.

Задача данной работы - рассмотреть сценарии изменения климата Республики Казахстан на период удвоения концентрации углекислого газа в атмосфере (т.е. на 2050-2075 гг.). Для этого были использованы данные численных экспериментов по пяти моделям ОЦА. Приведем их краткое описание.

Модели GFDL и GFDL-T. GFDL - равновесная модель, была разработана в Геофизической лаборатории динамики жидкости (США). В эту модель 3-го поколения GFDL включен верхний квазиоднородный слой перемешивания океана глубиной 68 м, разрешение улучшено до $2,22^\circ$ по широте и до $3,75^\circ$ по долготе. Неравновесная модель GFDL-T имеет худшее разрешение: $4,44^\circ$ на $7,50^\circ$, что соответствует

первым двум поколениям GFDL. Однако полагается, что эта модель лучше имитирует климатическую систему, поскольку включает океанский слой мощностью 5 км, что соответствует средней глубине Мирового океана. Модели GFDL и GFDL-T дают среднеглобальное потепление 4,0 и 3,2 °С при 2хCO₂ по сравнению с 1хCO₂ и не учитывают суточный ход.

Модель UKMO. Равновесная модель Метеорологического Агентства Соединенного Королевства, имеет разрешение 2,50° на 3,75°, содержит 50-метровый верхний слой океана и учитывает суточный ход. Модель 11-ти уровневая.

Модель CCC. Равновесная модель Канадского климатического центра с разрешением 3,75° на 3,75°, содержит 50-метровый верхний слой океана и учитывает суточный ход. Величина среднего глобального потепления равна 3,5 °С. Модель 10-ти уровневая. В отличие от других моделей она содержит типичную схему относительной влажности для облакообразования, что позволяет надеяться на реалистичность воспроизведения осадков.

Модель GISS. Равновесная модель, разработанная Годдардовским Институтом Космических Исследований (США). Горизонтальное разрешение 7,83° на 10,00°. Температура океана и ледового покрова рассчитывается на основе почасового обмена энергии с атмосферой, при этом учитывается способность межуровневого перемешивания тепла в толще океана не более 65 м.

В таблице обобщены некоторые характеристики моделей ОЦА.

Результаты численных экспериментов по этим моделям были использованы в виде банка данных GRADS, которые представляют собой результаты расчетов моделями полей приземной температуры воздуха (Т, °С), атмосферных осадков (R, мм/сутки) и солнечной радиации в узлах регулярной сетки на поверхности Земного шара за каждый из 12 месяцев года при концентрации CO₂ в атмосфере, соответствующей современному уровню концентрации CO₂ в атмосфере (1хCO₂) и удвоенному (2хCO₂). Результаты расчетов, соответствующие современному уровню концентрации CO₂ в атмосфере (1хCO₂) являются

контрольными прогонами и показывают способность моделей воспроизводить реальный климат. В качестве реальных климатических условий в модели заложены данные периода 1951-1980 гг., назовем его базовым.

Таблица.

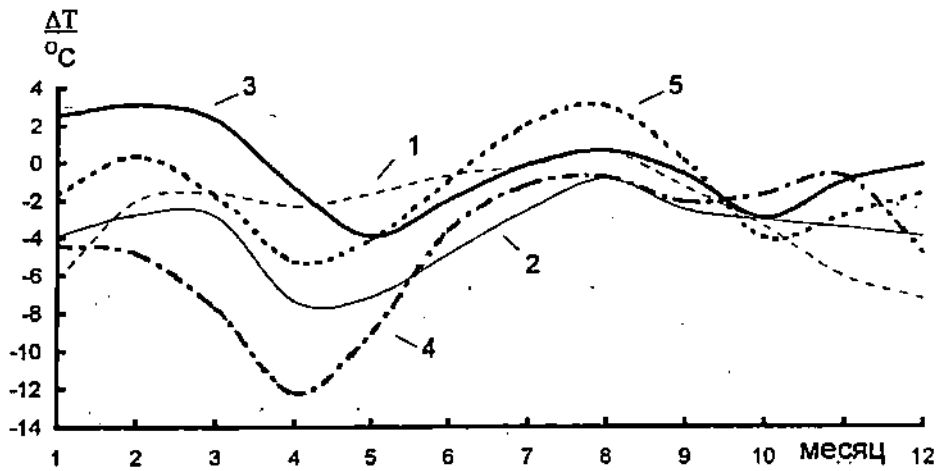
Характеристики моделей ОЦА

Модель ОЦА	Год создания	Разрешение модели	Суточный ход	ΔT , °C	ΔR , %
GISS	1989	$7,83^0 \times 10,00^0$	да	4,2	11,0
GFDL	1989	$2,22^0 \times 3,75^0$	нет	4,0	10,0
UKMO	1989	$2,50^0 \times 3,75^0$	да	3,5	9,9
CCC	1989	$3,75^0 \times 3,75^0$	да	3,5	3,8
GFDL-T ¹	1991	$4,44^0 \times 7,50^0$	нет	$3,2^2$	$7,0^2$

Примечание: 1- транзитная модель; 2- изменение между исходным (60-е годы) и десятым прогностическим десятилетием.

Как уже говорилось, воспроизведение моделями ОЦА всех физических процессов, происходящих в климатической системе, остается делом будущего. Пока даже не стоит вопрос о выборе лучшей модели ОЦА, идет только оценка возможностей моделей, судить о которых можно по степени адекватности воспроизведения моделями реального климата, причем, на уровне регионального. Оценка степени адекватности является первым необходимым шагом при построении сценариев изменения регионального климата. Логично считать, что по модели, которая даст наиболее приближенные к реальным климатические условия в регионе, можно получить и более правдоподобный сценарий изменения климата в будущем. Кроме того, интересно сопоставить результаты расчетов по различным моделям, так как одни из моделей лучше воспроизводят поля температуры, другие - осадков, причем, степень приближения к реальному климату меняется и внутри модели в зависимости от сезона года. Согласно методики, предложенной в [5], для получения сравнимых ре-

а



б

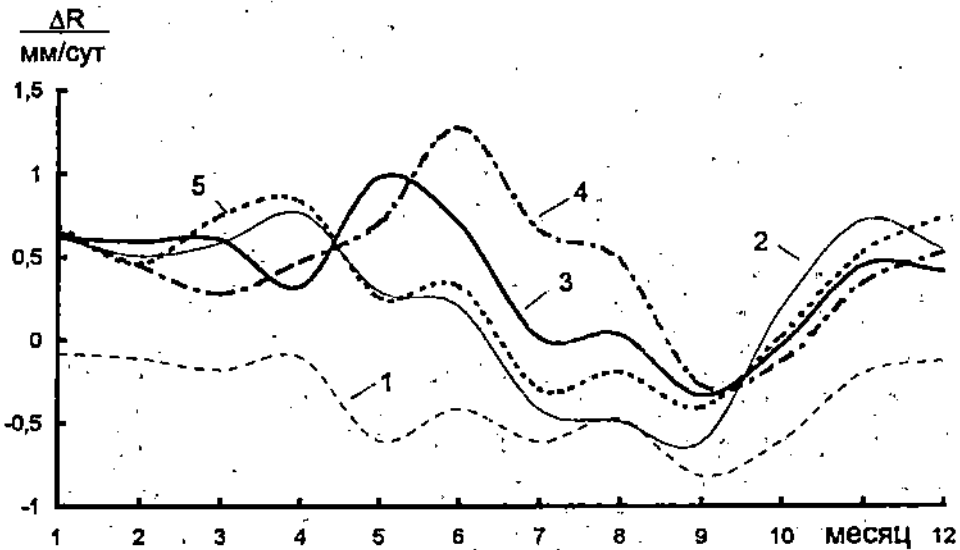


Рис. 1. Особенности сезонного распределения отличий между смоделированными и фактическими данными по температуре воздуха (а) и количеству осадков (б).

1 - модель GFDL; 2 - модель UKMO; 3 - модель GISS; 4 - модель CCC; 5 - модель GFDL-T.

зультатов контрольных прогонов (для уровня $1 \times \text{CO}_2$) по различным моделям, каждая из которых использует свою координатную сетку, был произведен выбор общей оптимальной широтно-долготной сетки: это широты 44, 46, 51 и 54° и долготы 49, 56, 60, 65, 70, 76, 80, 86° , проходящие по территории Казахстана. Таким образом был получен широтно-долготный прямоугольник, к узлам которого подбирались станции на территории Казахстана с наиболее близкими координатами, всего было подобрано 25 станций, и только затем в эти 25 точек осуществлялась интерполяция контрольных результатов по каждой модели. Данная процедура позволяет уменьшить погрешности, возникающие при интерполяции данных из узлов используемых в моделях широтно-долготных сеток, и получить сравнимые оценки воспроизведения текущего климата различными моделями ОЦА. Линейная интерполяция предусмотрена в пакете GRADS. В результате рассчитывались разности между воспроизведенными моделями и фактическими многолетними (за период 1951-1980 гг.) данными по средним месячным температуре воздуха и количеству осадков в сутки.

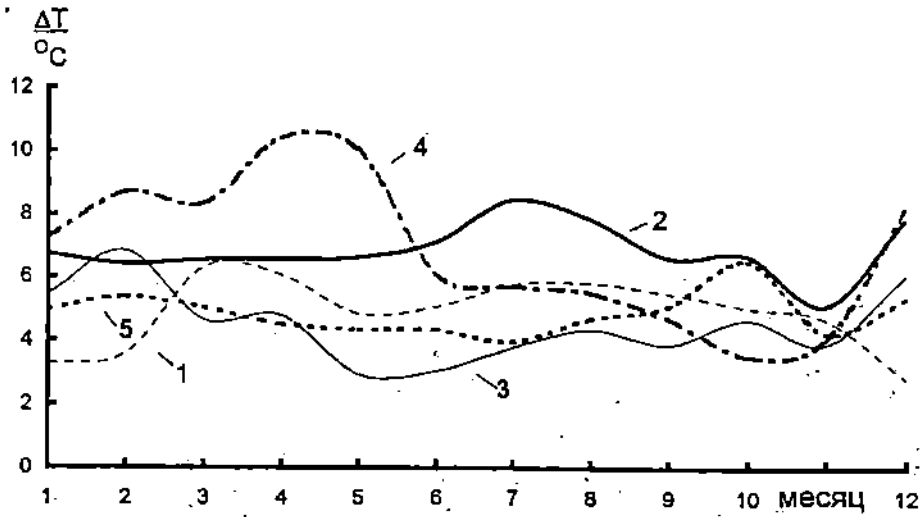
Расчеты показали, что смоделированный климат отличается от реального, а в распределении отличий между смоделированными и фактическими данными существует некоторая сезонность, которая по-разному проявляется в каждой модели. Для наглядности приведены графики на рис.1, где разности для каждого месяца осреднены по 25 выбранным точкам. Видно, например, что все модели занижают фон средних месячных температур в базовый период, за исключением января-марта по модели GISS, июля-августа по моделям GFDL-T, GISS и GFDL. С июня по ноябрь практически все модели относительно лучше воспроизводят поля температуры. Общими является также следующие особенности: по всем моделям, кроме модели GFDL, максимально занижена температура воздуха в весенние месяцы (до 12°C в апреле по СССР), по модели GFDL максимально занижена температура декабря. Средняя годовая температура воздуха занижена минимально на $0,3^\circ \text{C}$ по модели GISS и максимально на 4°C по модели СССР.

При оценке моделирования осадков, следуя методики [5], для получения сравнимых результатов с другими регионами использовались разности между средним количеством осадков за сутки. Получилась следующая картина. Большинство моделей дает завышенное количество осадков по сравнению с базовым периодом, (исключая июль-сентябрь, для некоторых моделей - октябрь), завышение наиболее значительно по величине в апреле-июне (ΔR более 1 мм/сутки по моделям GFDL-T, GISS и CCC). Модель GFDL дает заниженное количество осадков $-\Delta R$ до 0,8 мм/сутки. Однако, с ноября по апрель именно эта модель наиболее приближенно воспроизводит поля осадков.

Таким образом, смоделированный климат для базового периода более прохладный и менее сухой (исключая модель GFDL). То, что температура воздуха базового периода оказалась занижена практически всеми моделями, подтверждает сказанное выше о том, что модели более чувствительны к увеличению концентрации парниковых газов в атмосфере, чем реальная климатическая система, так как плохо учитывают обратные связи. Исходя из этого следует ожидать, что оценка ожидаемого потепления климата окажется несколько завышенной.

Рассмотрим диапазон потенциального изменения климата, полученного с помощью всех пяти моделей. При построении сценариев изменения климата для получения сравнимых результатов по различным моделям использовалась та же широтно-долготная сетка, что и при оценке контрольных прогонов. Проведем сравнение полученных сценариев и выделим общие черты. На рис.2 представлены рассчитанные по различным моделям разности температуры и отношения количества осадков, осредненных по всей территории региона для климатических условий при $1xCO_2$ и $2xCO_2$. Анализ этих материалов позволяет заключить, что все модели дают рост температуры воздуха на всей территории Казахстана и во все сезоны года. Максимальный рост ожидается по моделям CCC и UKMO, средняя за год и по территории величина повышения температуры по этим моделям составляет $6,9^\circ C$. По остальным трем моделям эта величина около $5,0^\circ C$.

а



б

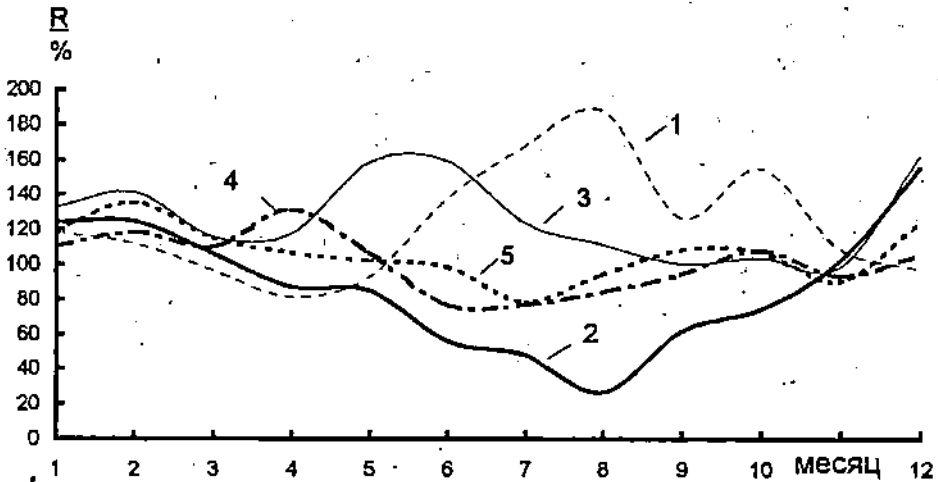


Рис. 2. Годовой ход потенциальных изменений температуры воздуха (а) и количества осадков (б) по сценариям различных моделей ОЦА.

1 - модель GFDL; 2 - модель UKMO; 3 - модель GISS; 4 - модель CCC; 5 - модель GFDL-T.

Модель ССС в отличие от других имеет выраженный годовой ход величины изменения температуры с максимумом в весенние месяцы (ΔT около $10,0^{\circ}\text{C}$) и минимумом в осенние (ΔT около $3,6^{\circ}\text{C}$). Остальные модели имеют более плавный годовой ход величины изменения температуры воздуха.

Ожидаемое изменение количества осадков характеризуется следующими особенностями. По сценариям моделей ССС и GFDL-T среднее по региону годовое количество осадков остается практически неизменным, по сценарию UKMO несколько уменьшается - на 12 %, а по сценариям GFDL и GISS - увеличивается на 24-27 %. Ожидаемые значения месячного количества осадков (см. рис.2) по моделям ССС и GFDL-T находятся в пределах нормы для базового периода (для осадков это 20 % от нормы), модель GFDL имеет хорошо выраженный максимум в летние и осенние месяцы - в августе R составляет около 190 %, модель GISS имеет максимум в мае-июне и в декабре (R около 160 %), модель UKMO предсказывает значительное уменьшение количества осадков в период с июня по сентябрь - R составляет около 30-60 % нормы.

И так, по всем рассмотренным сценариям ожидается повышение годовой и среднемесячной температуры приземного воздуха при практически неизменном количестве осадков, если брать во внимание годовые суммы. Хотя представленные здесь сценарии изменения климата в регионе не являются совершенными, как не совершенны сами модели ОЦА, но тот факт, что все модели предполагают дальнейшую аридизацию и без того достаточно засушливого климата нашего региона, является весьма неутешительным для природоemких отраслей экономики Казахстана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будыко М.И. Изменение климата. - Л.: Гидрометеониздат, 1974. - 472 с.
2. Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Вероятностный прогноз приземной глобальной температуры воздуха до 2005 года // Метеорология и гидрология. - 1991. - N.4. - С. 95-103.

3. A model-based climate change vulnerability and adaptation assessment for wheat yields in Kazakhstan /S.V. Mizina, I.B. Eserkepova, O.V. Pilifosova, E.F. Gossen, et al. // Adapting to climate change. - New York: Springer-Verlag New York Inc., - 1996. - P. 148 - 163.
4. Climate Change 1995. The science of climate change/ J.T. Houghton et al. (Ed.)// Cambridge, 1996. - 572 p.
5. Global Comparisons of Selected GCM Control Runs and Observed Climate Data. // Report, Editor Laurence S.Kalkstein. - 1991.- P. 252.
6. Golubtsov V.V., Lee V. I., Scotselias I. I. Anthropogenic Climate Change and Reduction of Water Resources: Adaptation Issues Related to the Economy in Kasakstan., in: Joel Smith et al. Adapting to Climate Change. Assessment and Issues., Springier NY Inc., - 1996. - P. 225-231.
7. Vulnerability and adaptation assessment for Kazakhstan/ O.V. Pilifosova, I.B. Eserkepova, G.N. Chichasov, S.V.Mizina, et al. // Vulnerability and adaptation to climate change. A Sinthesis of results from the U.S. Country Studies Program.- 1996. - P. 161-181.

Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

КЕҢ КӨЛЕМДІ КЛИМАТТЫҢ БОЛАШАҚ ӨЗГЕРІСІН БАҒАЛАУ ӘДІСТЕРІ ТУРАЛЫ ЖӘНЕ ҚАЗАҚСТАН КЛИМАТЫНЫҢ ӨЗГЕРІС ЖОЛДАРЫ

С.А.Долгих
Геогр. ф. канд. О.В.Пилифосова

Климаттың болашақ өзгерісі жолдарын табу әдістері қаралды. Кәзіргі Қазақстан климатын берілген үлгінің негізі бойынша, жалпы атмосфера айналымының 5 үлгісі бойынша жаңадан өңдеудің сапалық бағасы берілді және CO₂ -нің атмосферада 2 есе өсу кезіндегі аймақ климатының өзгеру жолдары қаралды.

УДК 551.510 + 556.114.2 + 551.588.9

**О СТОКЕ CO_2 В ПОВЕРХНОСТНЫЕ
ВОДНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ КАЗАХСТАНА**

Канд. физ. мат. наук О. Е. Семёнов

Приводятся результаты расчетов стока CO_2 в поверхностные водные резервуары Казахстана. Сток углекислого газа в основном происходит в крупные внутренние водоёмы: 99,2 % - Каспийское море, 0,44 % - в Арал. На долю остальных ёмкостей воды (озёр, водохранилищ, водотоков рек) приходится менее 0,4 %. Сток CO_2 в водные резервуары имеет годовой ход, максимум которого находится в противофазе со стоком газа в биомассу. Величина стока CO_2 во внутренние водоёмы Казахстана составляет очень малую долю от его эмиссии - всего 0,04 %.

Вследствие сжигания углерода содержание CO_2 в атмосфере постоянно увеличивается. За последние 125 лет оно возросло на 18 % и составляло на конец 1983 года $(343 \pm 0,2)$ млн⁻¹. Удвоение концентрации двуокси углерода ожидается в течение ближайших нескольких десятилетий, что, по мнению большинства ученых, занимающихся этой проблемой, должно дестабилизировать современный климат Земли и привести к росту средней глобальной температуры планеты примерно на 3° К к концу ХХП века. В высоких широтах земного шара изменение средней температуры будет еще большим. Такое значительное изменение климата Земли за короткий исторический период времени окажет существенное влияние на жизнь человеческого общества. Часть территории суши из-за подъема уровня воды в океанах окажется под водой, в ряде регионов планеты климат улучшится, в других станет более жестким [3-6, 8].

Возросшая опасность катастрофических последствий изменения климата на судьбы сотен милли-

онов людей послужила толчком к исследованию 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 содержания CO_2 в атмосфере. 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.

Инвентаризация источников и стоков парниковых газов в нашей Республике начата в 1994 году по совместному Американо-Казахстанскому проекту, являющегося частью обширной международной программы исследований [19]. В этой статье предпринята попытка оценить объемы стока двуокиси углерода в поверхностные водные резервуары Казахстана. Ими являются два крупнейших внутренних моря-озера Каспийское и Аральское, другие озера и водохранилища на территории Республики и массы текущей воды в руслах рек.

Информация по запасам воды в морях, озерах и водохранилищах Казахстана имеется в справочной литературе [9,10,14,15]. К сожалению, она издана в 70-х годах и, очевидно, уже не точно описывает реальную современную гидрологическую обстановку на этих водоемах. Особенно это справедливо для двух крупнейших резервуаров воды - Каспийского и Аральского морей. Уровень Каспия в последние десятилетия существенно повысился, в это же время зеркало воды в Аральском море понизилось уже более чем на 15 метров. Поэтому данные по этим двум водоемам далее использовались с учетом произошедших изменений по состоянию на 1989 год. Уточнение по Каспийскому морю выполнено В.В.Голубцовым и любезно предоставлено им для нашей работы [13].

Площадь Каспия в 1989 году возросла до

383172 км², объем воды достиг 78319 км³, соленость по акватории моря изменялась в интервале 0,2-10 ‰.

Таблица 1

Водные ресурсы основных рек Республики Казахстан
(по В.А.Семенову и Г.Л.Шимкевич [11])

Наименование рек	Длина, км		Сток, млн. м ³	
	общая	в пределах Казахстана	средний много-летний	обеспеченность 97%
Иртыш	4331	1700	27752	17 36
Ишим	2450	1400	1930	98
Сырдарья	2219	1400	22999	12537
Урал	2534	1082	10093	1403
Или	1384	815	14616	10584
Нура	978	978	473	19
Тургай	827	827	268	0
Тобол	1674	800	914	101
Чу	1186	800	2426	1597
Сарысу	800	800	85	0
Уил	800	800	360	12
Эмба	712	712	488	14
Талас	661	661	1023	724
Иргиз	593	593	214	0
Сагиз	511	511	118	3
Шидерты	502	502	56	1
Аягуз	492	492	180	-
Лепсы	418	418	784	473
Селеты	407	407	170	6
Каратал	390	390	2101	1087
Арысь	378	378	1452	794
Аксу	305	305	359	274
Тентек	183	183	1457	-

Аральское море в начале 1989 года разделилось на два водоема - Большое море площадью 34880 км² и

Малое море площадью 2650 км^2 . Объем водной массы снизился до 344 км^3 , соленость достигала значений Мирового океана [12,16]. Оба моря не являются внутренними водоемами Казахстана, но делить их на части различных государств, очевидно, нецелесообразно, т.к. это только увеличит погрешности расчетов.

Кроме этих крупнейших водоемов в Казахстане расположено еще свыше 48 тысяч озер с общей площадью водной поверхности около 45000 км^2 . Большинство из них (94 %) имеет площадь зеркала воды менее 1 км^2 . Крупных озер с площадью водной поверхности свыше 1 км^2 насчитывается 3014, из них 21 имеет размеры более 100 км^2 . По территории Республики озера размещены крайне неравномерно. На севере Казахстана они образуют озерные области, в других регионах нередко отстоят друг от друга на несколько сот километров. Кроме озер имеется большое количество водохранилищ и прудов. Основные характеристики крупных озер и водохранилищ Казахстана представлены в прекрасных справочных работах П.П.Филонца и Т.Р.Омарова [14,15]. Запасы воды в этих озерах достигают $178,597 \text{ км}^3$, в искусственно созданных водохранилищах $91,664 \text{ км}^3$. Дополнительно были подсчитаны объемы воды остальных озер, площади которых превышают 1 км^2 . В них находится $7,334 \text{ км}^3$ воды, что составляет 4,1 % от водной массы крупных озер. Очевидно, что учет объемов воды в более мелких водоемах уже нецелесообразен, т.к. они незначительно влияют на общие запасы воды, аккумулированные озерами.

Казахстан принадлежит к странам с бедными водными ресурсами рек. В таблице 1 приведены параметры основных рек Республики [11,17]. Из них можно выделить лишь 3 реки, средней многолетний сток которых превышает 10 км^3 : Иртыш, Урал и Или. Данные по четвертой реке - Сырдарье в таблице 1 к настоящему времени безнадежно устарели. Ее годовой сток в 80-х годах по измерениям в г.Казалинске изменялся от 0,6 до $6,86 \text{ км}^3$. Основная масса ее стока расходуется сейчас на орошение и учесть объем воды в русле представляется крайне сложной

задачей. Суммарный годовой сток остальных рек приведенных в таблице 1 равен, примерно, стоку р.Или.

В гидрологической литературе практически отсутствует информация об объемах воды, находящихся в руслах рек. Для рек Центрального Казахстана В.В.Голубцовым была выполнена оценка объемов воды, остающихся летом в плесах. Этот запас воды определен им величиной $3 \cdot 10^7 \text{ м}^3$ [7]. В.С.Ясаковым рассчитывались объемы воды, аккумулированные в поймах р.Сырдарьи, озерах и руслах древней и современной дельты этой реки в период уровня высокой воды 1969 г, связанный с аварийным сбросом из Чардарьинского водохранилища. Эти объемы сравнивались им с наибольшими уровнями высоких вод, наблюдавшимися в 1934 году [18]. Для наших целей эти катастрофические оценки очевидно не пригодны.

Примерные объемы воды в руслах рек Иртыш, Урал и Или были рассчитаны по площади сечений водотоков и длинам русел на основе описаний гидропостов. Из подсчетов были исключены те участки рек, на которых расположены Капчагайское, Бухтарминское, Усть-Каменогорское водохранилища и озеро Зайсан. В таблице 2 приведены полученные оценки объемов воды в руслах этих рек в различные сезоны года.

Таблица 2

Объемы воды в руслах рек Иртыш, Или и Урал, м^3

Река	Сезоны года			
	зима	весна	лето	осень
Иртыш	$8,70 \cdot 10^8$	$1,40 \cdot 10^9$	$8,10 \cdot 10^8$	$1,02 \cdot 10^9$
Или	$2,04 \cdot 10^8$	$2,51 \cdot 10^8$	$4,75 \cdot 10^8$	$2,97 \cdot 10^8$
Урал	$2,60 \cdot 10^8$	$7,10 \cdot 10^8$	$2,10 \cdot 10^8$	$2,10 \cdot 10^8$
Итого:	$13,34 \cdot 10^8$	$23,61 \cdot 10^8$	$14,95 \cdot 10^8$	$15,27 \cdot 10^8$

Вклад остальных рек, учитывая сопоставимость суммы годовых расходов со стоком р.Или, можно, по-видимому, грубо оценить величиной $2 \cdot 10^8$ -

$5 \cdot 10^8 \text{ м}^3$. Тогда суммарный объем воды в руслах рек Казахстана будет изменяться в интервале $1,5 \cdot 10^9 - 2,9 \cdot 10^9 \text{ м}^3$, т.е. равен $1,5-2,9 \text{ км}^3$. Таким образом, можно считать, что в первом приближении получены объемы воды во всех крупных природных резервуарах Казахстана.

Наиболее изучен процесс растворения двуокиси углерода в водах Мирового океана, так как он является крупнейшим резервуаром ее стока из атмосферы [1,2,4,5,10]. Исследованиям стоку CO_2 в пресноводные и слабominерализованные поверхностные резервуары воды уделялось значительно меньше внимания. Масса растворенной в воде CO_2 зависит от температуры и минерализации воды. По закону Генри-Дальтона растворимость газа может быть рассчитана по формуле

$$C = K \frac{P}{1013,25}, \quad (1)$$

где C - растворимость газа в одном дм^3 воды, $\text{г} \cdot \text{дм}^{-3}$; K - коэффициент пропорциональности, равный растворимости газа при данной температуре и парциальном давлении $1013,25 \text{ гПа}$ (1 атм); P - парциальное давление газа в атмосфере.

Парциальное давление CO_2 в атмосфере можно принять в среднем равным $334 \cdot 10^{-3} \text{ гПа}$, хотя оно и изменяется в небольших пределах как в пространстве, так и во времени [2,4]. После подстановки этой величины в формулу (1) получаем

$$C = 3,3 \cdot 10^{-4} K. \quad (2)$$

Зависимость растворимости CO_2 при парциальном давлении 1 атм (K) от температуры пресной воды представлена на рисунке. Она построена по опубликованным табличным данным о растворимости кислорода, двуокиси углерода и сероводорода в воде при давлении 1 атм ($1013,25 \text{ гПа}$) [1]. Как хорошо видно на рисунке значение K очень сильно и нелинейно зависит от ее температуры. Растворимость газов зависит и от содержания солей в воде. Масса CO_2 ,

которая растворяется в минерализованной воде, определяется ее щелочным резервом [1,2,4]. Информации для его учета при расчетах стока двуокиси углерода в поверхностные резервуары воды в Казахстане нет:--

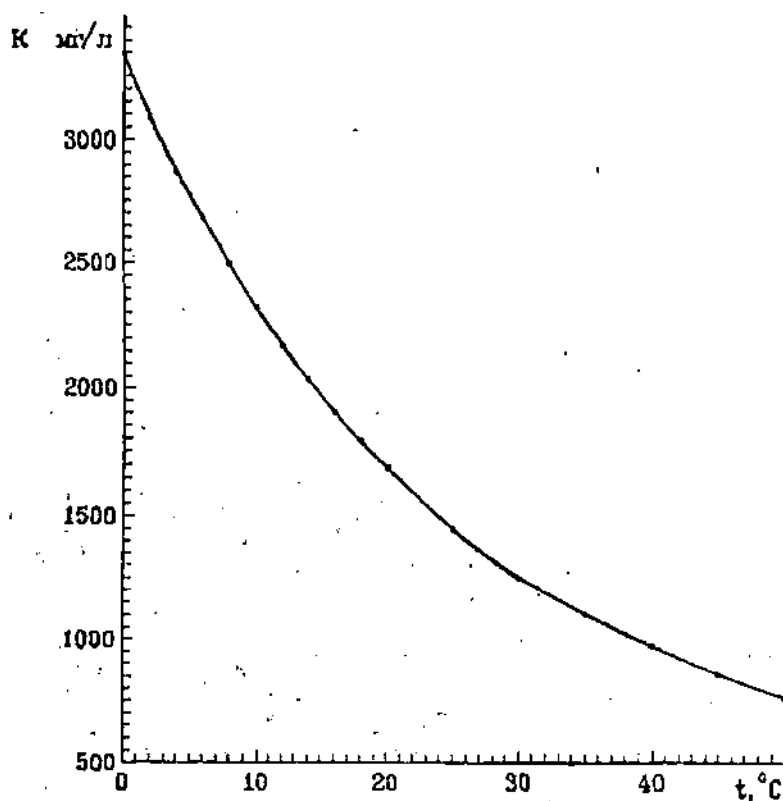


Рис. Зависимость растворимости CO_2 (коэффициент K) от температуры при парциальном давлении 1013,25 гПа

Поэтому при определении содержания CO_2 в слабо минерализованных водах озёр при вычислении по формуле (2) получаются несколько завышенные результаты порядка нескольких процентов. В формулах (1) и (2) коэффициент K для соленых вод заменяется на коэффициент α_s , данные о котором приведены в "Океанографических таблицах" [10].

Для сильно минерализованной воды Аральского моря, которая занимает по ионному составу проме-

Таблица 3

Оценка содержания двуокиси углерода в природных поверхностных водах
Казахстана, г

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

жуточное положение между типично морскими и водами суши, экспериментальных исследований по растворению в ней CO_2 также нет. Поэтому применение к воде Арала стандартных методов расчета растворенной CO_2 для типичной морской воды также может приводить к небольшим погрешностям. Расчеты количества растворенной CO_2 в Аральской воде были выполнены с привлечением данных "Океанографических таблиц". Содержание ионов хлора в Аральской воде для современной её солёности в $35 \text{ }^0/_{00}$ было получено путём экстраполяции, так как ионный состав стока рек Сырдарьи и Амударьи мало меняющаяся во времени величина. При сумме ионов и катионов, равной $8,787 \text{ г/кг}$, содержание ионов хлора в воде Арала достигало $3,009 \text{ г/кг}$ [10], поэтому для современной минерализации содержание ионов хлора было принято равным 12 г/кг . Масса растворённой CO_2 в Каспийском море была рассчитана для уровня содержания ионов хлора $5,3 \text{ г/л}$ [10]. Полученные объёмы стока CO_2 в поверхностные водные резервуары Казахстана для различных температур приведены в таблице 3.

В зависимости от изменений температуры в течение года общий объём CO_2 в поверхностных водах Казахстана меняется от $70,2 \text{ Гг}$ до $43,5 \text{ Гг}$. 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. В летний период при повышении температуры уменьшается объём воды и масса CO_2 в природных резервуарах, что приводит к частичной эмиссии ранее поглощенной двуокиси углерода порядка $26,7 \text{ Гг}$. Это дополнительная выделенная масса CO_2 включается в процесс фотосинтеза, наиболее интенсивно идущие 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 растворенной CO_2 в природных поверхностных резервуарах воды в Казахстане еще раз подтвердили, что сток газа в основном происходит в крупные водоемы : 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 величины стока CO_2 с её годовой эмиссией в Казахстане, которая равна 193427 тыс.т (Γ_T). [19], показывает на очень скромную роль поверхностных вод региона Центральной Азии в утилизацию этого парникового газа. Сток CO_2 в водные резервуары не превышает 0,04 % от её годовой эмиссии в Казахстане.

В заключении выражаю глубокую благодарность своим коллегам-гидрологам В.В.Голубцову, В.П.Поповой и И.И.Скоцелясу за полезные консультации при выполнении этой работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. -Л.: Гидрометеоиздат, 1970.- 444 с.
2. Алекин О.А., Ляхин Ю.И. Химия океана. - Л.: Гидрометеоиздат, 1986.- 239 с.
3. Будыко М.И., Ефимова Н.А. Влияние углекислого газа на климат // Метеорология и гидрология. - 1981.- N 2.- С.5-17.
4. Бютнер Э.К. Планетарный газообмен. -Л.: Гидрометеоиздат, 1986.- 239 с.
5. Взаимодействие океана и атмосферы/ Под ред. Б.А.Когана, Н.П.Смирнова. -Л.: Гидрометеоиздат, 1989.- 200 с.
6. Голицын Г.С. Изменения климата в XX и XXI столетиях: Обзор // Изв.АН СССР. Сер. Физика атмосферы и океана. - 1986.- Т.22,- N 12.- С. 1235-1249.
7. Голубцов В.В. Плесы и русловая аккумуляция // Тр. КазНИГМИ. - 1963.- Вып.18 - С. 42-48.
8. Непреднамеренные воздействия на климат / Под ред. М.И.Будыко, Г.К.Тараканова. -Л.: Гидрометеоиздат, 1974.- 260 с.

9. Никитин А.М. Озера Средней Азии.-Л.: Гидрометеоиздат, 1987.- 106 с.
- 10.Океанографические таблицы.- Л.: Гидрометеоиздат,1975.- 477 с.
- 11.Семенов В.А., Шимкевич Г.Л. Реки // Казахстан.- М., Наука, 1969.- С. 133-154.
- 12.Семенов О.Е., Чайкина А.П., Чичасов Г.Н. О современном состоянии экосистемы Аральского моря и окружающих его территорий // Гидрометеорология и экология.- 1985.- № 1.- С. 131-141.
- 13.Сыдыков Ж.С., Голубцов В.В., Куандыков Б.М. Каспийское море и его прибрежная зона.- Алматы: Изд-во "Өлке", 1995.-211 с.
- 14.Филонец П.П., Омаров Т.Р. Озера Центрального и Южного Казахстана (Справочник).- Алма-Ата: Наука, 1973.- 198 с.
- 15.Филонец П.П., Омаров Т.Р. Озера Северного, Западного и Восточного Казахстана (Справочник).- Л.: Гидрометеоиздат, 1974.- 138 с.
- 16.Чистяева С.П. Гидрометеорологическая характеристика Аральского моря // Гидрометеорологические проблемы Приаралья.- Л.: Гидрометеоиздат, 1990.- С. 14-53.
- 17.Шульц В.Л. Реки Средней Азии.- Л.: Гидрометеоиздат, 1965.- 691 с.
- 18.Ясаков В.С. Аккумуляция воды в гидрографической сети древней дельты р.Сырдарья// Тр.ГГИ.- 1986.-Вып.293.- С. 116-125.
- 19.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 Publisschers. Netherlands, 1996. - P.289-298.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖЕР БЕТІ СУ ҚОЙМАСЫНА CO₂-НІҢ АҒЫНЫ ТУРАЛЫ

Физ.-мат. ғ. канд. О.Е.Семенов

Қазақстанның жер беті су қоймасына CO₂ ағынының есептік нәтижесі келтірілген. CO₂ ағыны негізінде ірі ішкі су тоғандарына түседі: 99,2%- Каспий теңізіне, 0,44%- Аралға. Қалған су қоймаларына (көл, су қоймасы, өзен су сағалары) 0,4%- тен азырақ үлес тиеді. Су қоймасына түсетін CO₂ ағынының жылдық жүрісі бар, оның ең көп бағыты биосалмаққа түсетін газ ағынына қарсы кезеңінде болады. Қазақстанның ішкі су тоғандарына түсетін CO₂ ағынының мөлшері оның эмиссиясының өте аз бөлігін құрайды- болғаны 0,44% ғана.

УДК 556.16.001.24

О МЕТОДАХ РАСЧЕТОВ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЧНОГО СТОКА

Канд. геогр. наук И.И.Скоцеляс

Приводится обзор состояния методов гидрологических расчетов. Для горных рек Казахстана рекомендуется использовать модель формирования стока, разработанную в бывшем КазНИГМИ. Отмечается, что не следует пока отказываться полностью и от традиционных методов расчетов характеристик речного стока.

В Казахстане и других независимых государствах, расположенных на территории бывшего Советского Союза, к настоящему времени сложилось два значительно отличающихся друг от друга подхода к решению гидрологических задач. Первый из них, традиционный, основан на использовании эмпирических и полуэмпирических методов, принципа гидрологической аналогии, основных положений теории вероятностей и математической статистики. Второй подход - это путь математического моделирования.

Традиционные методы базируются в основном на стандартной гидрологической информации, получаемой на государственной сети станций и постов, реже - на постах других ведомств. Формирование стока рек представляется как стационарный случайный процесс, что справедливо только для естественных условий. Гидрологические задачи решаются путем выбора закона распределения вероятностей для определения расчетных характеристик стока и установления эмпирических или полуэмпирических связей между стоком рек и основными его факторами в од-

народных гидрологических районах. Так, к традиционным методам расчетов относится использование карт изолиний и формул, выражающих зависимость нормы и изменчивости годового, максимального и минимального стока от площади и средней высоты водосборов и т.д. Влияние азональных факторов учитывается с помощью различных коэффициентов. Часто характеристики стока определяются по данным наблюдений на реках-аналогах. Выбор аналогов производится в основном по качественным признакам, учитывающим сходство физико-географических условий, близость расположения и примерно равные размеры водосборов, а в горных районах еще и несущественное различие по средней высоте. В гидрологических расчетах для определения вероятностных характеристик стока обычно применяются кривые Пирсона 3-го типа, трехпараметрическое гамма-распределение, нормальное и логарифмически-нормальное распределения.

За последние два десятилетия в гидрологических исследованиях широко использовался метод линейной множественной регрессии для территориальных обобщений гидрологических характеристик, приведения короткорядных наблюдений к длительным периодам и определения параметров речного стока [8,12,15]. Большой вклад во внедрение этого метода внесен Г.А.Алексеевым. Всем гидрологам известна его работа о выравнивании и нормализации корреляционных связей [1]. Этим автором сделано много и других предложений по развитию и использованию статистических методов в гидрологических расчетах. Широкую известность получили также работы А.В.Рождественского с соавторами [11,13,14], в которых детально рассмотрены вопросы оценки точности гидрологических расчетов и однородности рядов характеристик речного стока. Последнее особенно важно в связи с необходимостью учета влияния на сток хозяйственной деятельности.

Для исследования многолетних колебаний стока, прежде всего годового, разработаны статистические модели. Эти модели используются для получения длинных рядов стока как в отдельных пунк-

тах наблюдений, так и для группового моделирования гидрологических связей. Чаще всего при моделировании задаются первые моменты или одномерные функции распределения вероятностей, а в одной из последних работ [10], посвященных этому вопросу, рекомендуется математический аппарат двумерной двух- и трехпараметрической гамма-корреляции.

Традиционные методы имеют целый ряд недостатков. Они в недостаточной мере учитывают многофакторность процесса формирования стока, взаимосвязь и взаимообусловленность факторов. Многие формулы и методы расчета половодий и дождевых паводков слабо генетически обоснованы, исходят из частных, присущих только конкретным условиям, закономерностей формирования стока половодий и дождевых паводков. В частности, получивший широкое распространение метод расчета дождевых паводков, основанный на принципе предельной интенсивности, содержит недостатки, начиная с расчета стокоформирующих осадков и кончая коэффициентом стока, который трактуется как "сборный параметр" или "условный коэффициент стока" [7]. По мнению Е.Д.Гопченко [6], использование метода предельной интенсивности теоретически оправдано лишь в частном, редко встречающемся случае, когда время добега воды по руслу меньше периода установившейся фазы стокообразования. Только при этом условии, считает Е.Д.Гопченко, расчет дождевых паводков можно производить по средней интенсивности дождя, продолжительность которой равна полному времени бассейнового добега. Однако на практике метод предельной интенсивности часто используется за допустимыми пределами. Для горных рек этот метод приводит к завышению максимальных расходов воды, особенно для водосборов с большой естественной зарегулированностью склонового стока.

На 5-ом гидрологическом съезде отмечалось, что в действующий СНиП заложена не лучшая формула максимального стока. В качестве альтернативы предлагались [6,10], в частности, объемная или упрощенная генетическая формулы, полученные А.Н.Бефани и принцип региональной обусловленности

гидрологических процессов, как основа гидрологических исследований.

Очень подробно вопросы формирования и расчета дождевых паводков рассмотрены Ю.Б.Виноградовым [3]. По его мнению, существующие многочисленные формулы для расчетов максимальных расходов воды дождевых паводков могут быть сведены к выражению, в котором максимальный расход принимается равным произведению коэффициентов размерности и "влияния", площади водосбора и максимально возможной средней интенсивности стокообразования за время руслового добегаания. Все эти формулы основаны на предположении о существовании линейной зависимости между максимально возможной средней интенсивностью стокообразования и максимальным расходом. Как считает Ю.Б.Виноградов, этот принцип в значительной мере сглаживает разницу между крайней асимметричностью распределения максимальных расходов дождевых паводков и более умеренной асимметрией максимально возможной средней интенсивности стокообразования. Ю.Б.Виноградов обращает также внимание и на второе предположение, заложенное в формулы такого типа (Д.Л.Соколовский, Г.А.Алексеев и др.). Оно состоит в допущении, что максимальный расход формируется "расчетным дождем" с фиксированной продолжительностью, зависящей от времени добегаания. Фактически же соотношение между временем руслового добегаания и продолжительностью стокообразования может быть любым. Кроме того, предполагается, что интенсивность притока в русловую сеть численно равна интенсивности стокообразования. Все эти предположения и допущения скрываются путем введения различных поправочных коэффициентов.

Для расчета максимальных расходов воды дождевых паводков Ю.Б.Виноградов предложил метод, основанный на использовании уравнения гидрографа суммарного притока к русловой сети с последующим пересчетом максимальной ординаты этого гидрографа в максимальный расход воды в замыкающем створе. При таком пересчете также не обошлось без некоторой схематизации. В частности, принята постоянной

интенсивность стокообразования.

В работе Ю.Б.Виноградова [3] приведены новые методики определения осадков и инфильтрации. Для расчета осадков, в частности, используется выражение, позволяющее преобразовать асимметричное распределение слоя осадков в нормальное распределение. В настоящее время по этой методике выполнены расчеты осадков для всех горных районов бывшего СССР. Она считается пока лучшей.

Таким образом, традиционные методы объединяет устаревшее в настоящее время представление о стационарности гидрологических процессов, допущение о возможности переноса на будущее гидрологических характеристик или их параметров, установленных по материалам наблюдений за прошедшие годы, а также слабая обоснованность большинства методов и ограниченность используемой информации, особенно экспериментальной. Это позволило Ю.Б.Виноградову [4] утверждать, что в настоящее время применение традиционных методов доведено до предела своих возможностей.

Важным шагом в развитии методов гидрологических расчетов стало появление детерминированных моделей формирования стока. Многие ученые подразделяют их на концептуальные и физико-математические. Ю.Б.Виноградов считает, что данное деление ничем не обосновано, так как "... везде математические формы, везде - концепции, везде аппроксимация". Более важным, по его мнению, является вопрос о том, какой должна быть модель: единой обобщенной или представлять собой систему моделей, различающихся по видам стока (талый, дождевой, подземный) или региональным особенностям, с сосредоточенными или распределенными параметрами. Он полагает, что должна быть единая обобщенная детерминированная модель гидрографа стока годового цикла, пригодная для всех видов стока, для любых бассейнов, для вероятностных расчетов, для краткосрочных и долгосрочных прогнозов. Региональные особенности в ней необходимо учитывать параметрически.

С мнением Ю.Б.Виноградова не совсем согласны

некоторые видные ученые - гидрологи. Так, А.Н.Бефани, как уже упоминалось, считает, что в методологическом отношении очень большое значение имеет региональная обусловленность формирования паводков и что паводки представляют собой не жестко детерминированные процессы. Практически они неповторимы во времени и в пространстве. В разных природных зонах, по А.Н.Бефани, могут быть разные формы склонового стекания. Поэтому важное место в исследованиях должен занимать статистический анализ данных наблюдений и экспериментов, а также оптимизация.

Другой известный гидролог, Г.А.Алексеев [2], считает, что в природе вообще преобладает необратимость и случайность, а обратимость и детерминизм приложимы лишь к отдельным простейшим случаям.

Как видно из изложенного, пока не существует единой точки зрения по вопросам математического моделирования процесса формирования стока. Большинство ученых и специалистов сходятся все же в том, что в условиях нестационарности гидрологических процессов, вызванной хозяйственной деятельностью, единственным выходом из положения является математическое моделирование и с ним должно быть связано новое поколение методов гидрологических расчетов. В то же время на этом пути имеется еще немало трудностей и требуется решить ряд задач. Одна из наиболее сложных проблем - получение на выходе моделей кривых распределения характеристик стока. В этом направлении ведется работа в ГГИ (г.Санкт-Петербург) на основе соединения двух типов моделирования - детерминированного и стохастического. Однако, из-за сложности проблемы, обусловленной разрывностью полей некоторых метеовеличин, в частности осадков, положительных результатов, по-видимому, в скором времени ожидать не следует.

Более реально в ближайшей перспективе использование для гидрологических расчетов уже имеющихся моделей формирования стока. Например, в КазНИГМИ (ныне КазНИИМОСК) модель формирования

стока горных рек Казахстана, разработанная под руководством В.В. Голубцова, доведена до стадии практического непрерывного моделирования гидрологического цикла. Она успешно применялась для долгосрочного прогнозирования водности рек и притока воды в водохранилища. В настоящее время на ее основе разработаны также методы краткосрочного прогноза с заблаговременностью 1-3 суток. Основные положения этой модели опубликованы в работе [5]. Она описывает процессы формирования снегозапасов, поступления воды на поверхность водосбора, суммарного испарения, изменения запасов влаги в зоне активного влагообмена, промерзания и оттаивания почвогрунтов, задержания атмосферных осадков растительным покровом, поверхностного, почвенногрунтового и грунтового стокообразования, притока воды к речной сети, трансформации его в речной сток в замыкающем створе.

По своей структуре модель КазНИГМИ трехобъемная. Первый объем отождествляется с поверхностным стокообразованием, второй - с почвенногрунтовым, третий - с грунтовым. Основными исходными данными для моделирования стока являются среднесуточные температуры воздуха и суточные суммы осадков. Моделирование производится по суточным интервалам времени. При наличии соответствующих данных оно может осуществляться отдельно по высотным зонам, экспозициям склонов, для открытых, залесенных и занятых ледниками участков. Индивидуальные особенности бассейнов рек учитываются с помощью параметров.

Главным препятствием для широкого применения имеющихся моделей, в том числе и модели КазНИГМИ, является слабая информационная база. Это относится как к исходным данным, так и к параметрам моделей. Несмотря на это, для тех бассейнов, для которых необходимая информация уже имеется или ее можно получить в ближайшем будущем, использование моделей для решения некоторых гидрологических задач не только возможно, но и необходимо. Так, с помощью модели КазНИГМИ можно удлинять короткие ряды гидрологических характеристик, получать ин-

формацию об условиях формирования стока, восстанавливать его естественные значения, оценивать влияние хозяйственной деятельности и антропогенного изменения климата на ресурсы поверхностных вод.

Не следует пока, по нашему мнению, полностью отказываться и от традиционных методов расчетов стока. Во-первых, хозяйственной деятельностью значительно искажен гидрологический режим не на всех водных объектах. Во-вторых, представляется возможным идти по пути восстановления естественного стока, используя и традиционные методы, а также появившиеся за последние десятилетия новые данные для его уточнения. Затем можно учитывать антропогенные отклонения от естественного стока, предварительно обобщив их при разном уровне хозяйственной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. - Л.: Гидрометеиздат, 1971. - 363 с.
2. Алексеев Г.А. Перспективы и резервы усовершенствования гидрологических расчетов и прогнозов для водохозяйственного проектирования // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.15-22.
3. Виноградов Ю.Б. Вопросы гидрологии дождевых паводков на малых водосборах Средней Азии и Казахстана. - Л.: Гидрометеиздат, 1967. - 262 с. - (Тр. КазНИГМИ; Вып.28).
4. Виноградов Ю.Б. Перспективы использования математических моделей для расчетов стока при строительном проектировании // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.34-43.
5. Голубцов В.В., Ли В.И., Строева Т.П. Математическое моделирование процессов формирования стока горных рек в условиях ограниченной информации // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.374-382.

6. Гопченко Е.Д. Об оптимальной структуре и параметрах формул максимального стока // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.52-58.
7. Доброумов В.М., Туманская С.М. Перспективы развития методов расчета максимального стока // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.6-15.
8. Лобанова А.Г., Зорин М.В. Опыт приведения параметров речного стока к многолетнему периоду // Тр. ГГИ. - 1986. - Вып.324. - С.73-99.
9. Научно-методические основы расчета и прогноза дождевых паводков на территории СССР / А.Н.Бефани, Н.Ф.Бефани, Е.Д.Гопченко, А.Г.Иваненко, Е.В.Терентьев // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.213-221.
10. Резниковский А.Ш., Великанов М.А. Статистическое моделирование многомерных гидрологических процессов // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.52-58.
11. Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчетов. - Л.: Гидрометеиздат, 1990. - 276 с.
12. Рождественский А.В., Лобанова А.Г. Приведение рядов речного стока к длительному периоду методом множественной линейной корреляции // Тр. ГГИ. - 1968. - Вып.163. - С.9-18.
13. Рождественский А.В., Лобанова А.Г. Пространственно-временные колебания годового стока рек СССР // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.100-104.
14. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 424 с.
15. Сотникова Л.Ф., Макарова Т.Ф. Приведение гидрологических характеристик к многолетним значениям // Тр. 5-го Всес. гидрол. съезда. - 1989. - Т.6. - С.133-140.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ӨЗЕН АҒЫНЫ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЕСЕПТЕУІҢ ӘДІСТЕРІ ТУРАЛЫ

Геогр.ғ.канд. И.И.Скоцеляс

Гидрологиялық есептеу әдістерінің қазіргі жағдайына шолу берілді. Қазақстанның таулы өзендері үшін бұрынғы Қазақтың гидрометеорологиялық ғылыми зерттеу институтында жасалған моделді қолдану ұсынылды. Қазірше өзен ағысын есептеуде дәстүрлі әдістем толығымен бас тартуға болмайтындығы айтылады.

УДК 556.16.013:551.588.7

**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА ДЛЯ
ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА
НА РЕСУРСЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД**

Канд. геогр. наук В. В. Голубцов

Канд. техн. наук В. И. Ли

Канд. геогр. наук И. И. Скоцеляс

Приведена оценка влияния возможных антропогенных изменений климата на ресурсы поверхностных вод бассейнов рек Тобол, Уба и Ульба с использованием моделей формирования стока и общей циркуляции атмосферы.

В процессе хозяйственной деятельности, в частности при сжигании углеводородного топлива, в земную атмосферу выделяются углекислый газ, окись углерода, метан, закись азота и другие так называемые парниковые газы. В связи с этим в научных кругах растет беспокойство, что в случае дальнейшего увеличения содержания парниковых газов в атмосфере может наступить значительное потепление климата, обусловленное парниковым эффектом, с многими нежелательными последствиями для проживания людей.

По мнению ряда ученых, глобальные изменения климата в определенной мере уже произошли. Так, по оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), за последние сто лет количество углекислого газа возросло на 25-27 %, а глобальная температура воздуха увеличилась на 0,53 °С. Если выбросы парниковых газов в атмосферу не уменьшатся, то к середине следующего столетия, когда ожидается удвоение концентрации углекислого газа, среднеглобальная температура воздуха будет выше, чем за последние 150 тысяч лет.

Имеются также данные, свидетельствующие о тенденции роста температуры воздуха на территории Казахстана - на $0,2^{\circ}\text{C}$ за каждые 10 лет. Учитывая это и мнение экспертов МГЭИК, значительный научный и практический интерес представляет оценка возможного влияния антропогенных изменений климата на ресурсы поверхностных вод. Для территории Казахстана необходимость таких исследований особенно важна в связи с ограниченностью этих ресурсов.

Оценка уязвимости ресурсов поверхностных вод вследствие возможных антропогенных изменений климата производилась для двух речных бассейнов. Один из них равнинный - бассейн р.Тобол, второй горный - бассейн рек Уба и Ульба. По условиям формирования стока бассейн р.Тобол является достаточно типичным для Северного Казахстана, бассейн рек Уба и Ульба - для Рудного Алтая. Расположены эти бассейны соответственно в сухостепной и горнолесной зонах. Для степной зоны из-за преобладания плоского рельефа и небольшого диапазона высот местности характерны относительно слабое изменение по территории климатических факторов формирования стока, большие площади одновременного снеготаяния, наличие бессточных понижений на водосбора рек. Основная доля стока приходится на короткий период весеннего половодья. В горных районах велика роль высотной зональности термического режима и распределения осадков, а условия стекания воды с поверхности водосборов более благоприятны, чем в степной зоне равнинного Казахстана. Половодье растягивается на несколько месяцев.

В качестве методической основы для оценки уязвимости ресурсов поверхностных вод указанных бассейнов рек использовались усовершенствованная концептуальная математическая модель формирования стока горных рек, разработанная в КазНИГМИ (ныне КазНИИМОСК) под руководством В.В.Голубцова [1], и модели общей циркуляции атмосферы - американские (GFDL-T, GFDL R30, GISS) и канадская (CCCМ).

В модели КазНИГМИ речной бассейн представлен в виде трех последовательно соединенных регулиру-

ющих емкостей, расположенных одна над другой и отождествляемых с поверхностным, почвенногрунтовым и грунтовым стокообразованием, а также емкости, характеризующей стокообразование в пределах гидрографической сети. Модель включает описание отдельных элементарных воднобалансовых процессов: формирования снеготазов и поступления воды на поверхность бассейна, изменения влагозапасов, промерзания и оттаивания почвогрунтов, суммарного испарения, поверхностного, почвенногрунтового и грунтового стокообразования, формирования притока к русловой сети и гидрографа стока в замыкающем створе. То есть она состоит из нескольких частных моделей.

Модель формирования стока позволяет получать его гидрографы и объемы за различные календарные периоды. Основными входными данными являются суточные суммы осадков и средние суточные температуры воздуха на метеорологических станциях, расположенных в пределах бассейна или вблизи от него. Параметры модели принимаются изменяющимися в зависимости от высоты местности, уклона и экспозиции горных склонов, характера подстилающей поверхности (открытой, залесенной, ледниковой и т.д.). При использовании модели для равнинной реки Тобол в нее был внесен ряд дополнений, позволивших моделировать процесс формирования стока с учетом не только высотной зональности физико-географических условий, но и их изменения в широтном и меридиональном направлениях.

Моделирование гидрографов стока и ресурсов поверхностных вод для бассейна рек Уба и Ульба производилось по данным наблюдений на метеорологических станциях Усть-Каменегорск, Лениногорск, Шемонаиха, а для бассейна р.Тобол - на станциях Бреды и Джетыгара. В эти данные вводились поправки на антропогенные изменения климата, полученные в результате использования сценариев изменения климата по моделям общей циркуляции атмосферы при двукратном увеличении содержания углекислого газа в атмосфере.

Результаты оценки уязвимости ресурсов поверхностных вод в рассматриваемых бассейнах, при-

веденные в таблице, показывают, что если изменения климата будут совпадать со сценариями, полученными по модели GFDL-T, то ресурсы в бассейне Убы и Ульбы при двукратном увеличении содержания углекислого газа практически останутся такими же, как и в настоящее время. При изменении климата по модели GISS ресурсы этого бассейна возрастут на 6 %, а в случае развития ситуации по моделям CCCM и GFDL R30 возможно уменьшение ресурсов на 20-30 %.

Таблица

Моделированные ресурсы поверхностных вод при естественных условиях и при антропогенных изменениях климата

Модель общей циркуляции атмосферы	Ресурсы поверхностных вод, млн м ³		Изменение ресурсов	
	при естественных условиях	при изменении климата	млн м ³	%
Бассейн рек Уба и Ульба				
GFDL-T	8889	8782	- 107	- 1
GFDL R30	8889	6290	-2599	-29
CCCM	8889	6876	-2013	-23
GISS	8889	9434	545	6
Бассейн р.Тобол				
GFDL-T	257	183	-74	-29
GFDL R30	257	190	-67	-26
CCCM	257	197	-60	-24
GISS	257	322	65	25

Порядка 20-30 %, и то же в сторону понижения, возможно изменение ресурсов поверхностных вод бассейна р.Тобол. Причем к такому выводу приводят результаты оценки уязвимости ресурсов р.Тобол с использованием сценариев изменения климата по трем моделям общей циркуляции атмосферы (CCCM, GFDL R30, GFDL-T). Однако при сценариях, полученных по модели GISS, ресурсы этого бассейна могут возрасти на 25 %.

Для разных по водности лет результаты оценки уязвимости ресурсы поверхностных вод оказались следующими. По сценариям изменения климата, полученным на основе моделей CCCM и GFDL R30, независимо от водности года ресурсы уменьшатся. В многоводные годы их убыль составит в среднем 30-35 %, в маловодные - 20-25 %. Тенденцию снижения ресурсов в многоводные годы, если содержание углекислого газа в атмосфере превысит современный уровень в два раза, подтверждают и их оценки с использованием модели GFDL-T (в среднем на 14 % для горного бассейна). Во всех остальных случаях они окажутся близкими или превышающими естественные значения.

В обоих бассейнах при удвоении содержания углекислого газа в атмосфере можно ожидать значительного уменьшения стока в период половодья и некоторого увеличения его в меженный период. Это следует из результатов расчетов с использованием всех моделей общей циркуляции атмосферы. Такие изменения во внутригодовом распределении стока, по-видимому, можно объяснить большим, чем в настоящее время, влиянием зимних оттепелей, увеличением потерь талых вод в процессе снеготаяния и возрастанием почвенногрунтового и грунтового питания рек в межень.

По мнению климатологов КазНИИМОСК [2], апробировавших модели общей циркуляции атмосферы в условиях Казахстана, лучше других для его территории подходит модель GFDL R30. Учитывая это, вероятно, можно полагать, что под влиянием антропогенных изменений климата произойдет существенное уменьшение ресурсов поверхностных вод Казахстана. Наиболее ощутимым оно окажется в многоводные годы, что, в свою очередь, может обусловить снижение повторяемости таких лет.

Исследования влияния антропогенных изменений климата на ресурсы поверхностных вод Казахстана необходимо продолжать, распространяя их на водные объекты с различными условиями формирования стока, так как последние значительно разнообразнее, чем в бассейнах Тобола, Убы и Ульбы. В частности, в число исследуемых следует включать бассейны рек

с ледниковым питанием. На основе таких исследований может быть своевременно скорректирована система управления водными ресурсами республики путем разработки и осуществления мер, направленных на предотвращение или ослабление в будущем негативного влияния антропогенных изменений климата на природную среду и развитие экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубцов В.В., Ли В.И., Строева Т.П. Математическое моделирование процессов формирования стока горных рек в условиях ограниченной информации // Труды 5-го Всесоюзного гидрологического съезда: Л, 1989. - Т.6. - С.374-382.
2. Vulnerability and Adaptation Assessment for Kazakhstan. O.V.Pilifosova, I.B.Eserkepova, S.A.Mizina, G.N.Chichasov et.al. / Stephanie Lenhart et.al.(Ed.) // Vulnerability and adaptation to climate change. A synthesis of results from the US Country Studies Program, 1996. - P. 161-181.

Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

КЛИМАТТЫҢ АНТРОПОГЕНДІК ӨЗГЕРІСІНІҢ ЫҚПАЛЫН БАҒАЛАУ ҮШІН ЖЕР БЕТІ СУ ҚОРЛАРЫНЫҢ АҒЫС ҮЛГІСІН ПАЙДАЛАҢУ ТУРАЛЫ

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

Жалпы атмосфера айналымын және ағыстың қалыптасу үлгісін пайдалана отырып Тобол, Үбі және Үлбі өзендерінің жер беті суларының қорына климаттың антропогендік өзгерісінің ықпалын бағалау келтірілген.

УДК 504.058:556.16.072 (574)

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НА СТОК РЕК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ
МОДЕЛИ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ**Канд. техн. наук В.И.Ли
В.П.Попова

На примере ряда рек Южного Казахстана показана возможность применения математической модели формирования стока для оценки влияния на него хозяйственной деятельности. Установлено, что наибольшее антропогенное изменение стока произошло на р.Арысь.

Количественная оценка антропогенного воздействия на сток притоков Сырдарьи в пределах Казахстана является актуальной задачей. Это связано с тем, что для Южного Казахстана характерны засушливость климата и ограниченность водных ресурсов, интенсивность использования которых особенно резко возросла в последние 25-30 лет. Главным потребителем водных ресурсов является сельское хозяйство, в основном, орошаемое земледелие.

Основной рекой региона является Сырдарья, а ее важнейшими притоками в пределах Казахстана - Арысь, Келес, Бугунь и Шаян стекающие с юго-западного склона хр.Каратау и западных отрогов Таласского Алатау. Преобладающим источником питания являются талые снеговые воды. Доля дождевого, подземного и ледникового питания значительно меньше. Большая часть годовой суммы осадков выпадает в зимне - весенний период. Снежный покров часто неустойчивый. Иногда в течение зимнего сезона он сохраняется только на склонах северной экспозиции. Основной объем стока рек приходится на период февраль - май.

В качестве методической основы для оценки влияния хозяйственной деятельности на водность рек и восстановления естественного стока использованы упрощенное уравнение руслового баланса и концептуальная математическая модель формирования стока горных рек, разработанная в КазНИГМИ под руководством В.В.Голубцова [1]. Модель успешно использовалась ранее для разработки методов гидрологических прогнозов горных рек Казахстана [2, 3 и др.], а также для оценки уязвимости водных ресурсов вследствие возможного антропогенного изменения климата, проводившейся в рамках казахстанско-американского проекта Country Studies [4].

Особенностью модели КазНИГМИ является то, что она позволяет моделировать сток даже при наличии ограниченной исходной информации с отдельных высотных зон. Параметры модели принимаются изменяющимися в зависимости от высоты местности, уклона и экспозиции горных склонов, характера подстилающей поверхности (открытой, залесенной, ледниковой и т.д.). На выходе модели формирования стока получается гидрограф стока в замыкающем створе реки и объемы стока за различные календарные периоды (декады, месяцы, год). Основными входными данными для моделирования гидрографа стока являются суточные суммы осадков средние суточные температуры воздуха на метеорологических станциях, расположенных в пределах бассейна или вблизи от него.

При адаптации модели формирования стока к условиям рассматриваемых бассейнов оценивались параметры моделей промерзания и оттаивания почвогрунтов, формирования снегозапасов, определялись градиенты осадков и температур воздуха по высоте местности, их динамика внутри года, гидрографические и гипсографические характеристики бассейнов с учетом различных экспозиций склонов.

Для восстановления естественного стока рек Арысь, Келес, Бугунь использовалось упрощенное уравнение руслового баланса, в котором к величии-

нам наблюдаемых расходов воды за период весеннего половодья прибавлялась разность между водозаборами и сбросами на сети оросительных каналов. Второй способ восстановления, по модели формирования стока горных рек, был осуществлен на примере рек Арысь и Шаян.

В результате численных экспериментов с использованием модели формирования стока были получены гидрографы стока для рек Арысь и Шаян за период 1951-1990 гг., а также рассчитаны значения объемов весеннего половодья. Моделированные гидрографы сопоставлялись с восстановленными по русловому балансу. В большинстве случаев они достаточно хорошо совпадали, о чем, в частности, свидетельствуют гидрографы, показанные на рисунке. Объемы весеннего половодья р.Арысь с 1966 по 1985 гг., восстановленные по упрощенному уравнению руслового баланса и по модели формирования стока, также оказались близки между собой (коэффициент корреляции $r=0,95$, $b_r=0,02$). Поэтому восстановление естественного стока можно считать достаточно надежным, а полученные результаты пригодными для использования при расчетах различных гидрологических характеристик и разработках прогнозов водности.

В таблице приведена оценка изменений стока, обусловленных влиянием хозяйственной деятельности на сток. Антропогенные изменения водности рек были определены по разности восстановленного естественного и бытового стока. Особенно большие изменения произошли в стоке р.Арысь. По оценке с использованием модели сток реки уменьшился в среднем на 37 %. После ввода в эксплуатацию в 1965 г. Арысского канала водозаборы достигли 55 %. За период 1951-1964 гг. они были на порядок ниже, составляя 5 %. По оценке с использованием руслового баланса сток снизился в среднем на 38 %, а за указанные частные периоды - соответственно 54 и 8 %.

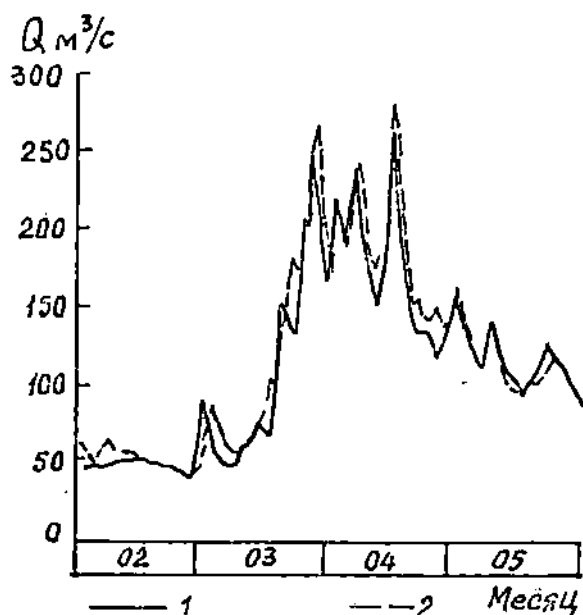


Рис. Рассчитанный (1) и фактический (2) гидрографы стока р.Арысь у ж.-д.ст.Арысь за 1972 год

Таблица
Изменение стока рек, обусловленное хозяйственной деятельностью

Расчетный период, годы	Бытовой сток, м ³ /с	Естественный сток, м ³ /с		Изменение стока			
		по русловому балансу	по модели	по русловому балансу		по модели	
				м ³ /с	%	м ³ /с	%
Арысь-ж.-д.ст.Арысь							
1951-1990	55,3	88,9	87,4	33,6	38	32,1	37
Келес-аул Акжар							
1960-1990	9,65	10,2		0,58	6		
Бугунь-с.Красный Мост							
1966-1990	9,23	10,4		1,11	11		
Шаян-в 3,3 км ниже устья р.Акбет							
1951-1990	5,30		5,36			0,06	1

Хорошая сходимость также между моделированными и фактическими расходами воды р.Шаян. Средний расход воды за период 1951-1990 гг., рассчитанный по модели, равен $5,36 \text{ м}^3/\text{с}$, по гидрометрическим наблюдениям - $5,30 \text{ м}^3/\text{с}$. Это свидетельствует о незначительном влиянии хозяйственной деятельности на сток р.Шаян. Антропогенные изменения стока рек Келес и Бугунь сравнительно невелики. Для р.Келес они составляют в среднем 6 %, в маловодные годы - 20 %, в многоводные - 1-2 %, а для р.Бугунь - в среднем 11 %, в маловодные годы - 50 %, в многоводные - 1-2 %. Какой либо динамики в этих изменениях не обнаружено.

Выполненная оценка влияния хозяйственной деятельности на сток притоков Сырдарьи позволяет сделать следующие выводы:

- наибольшее антропогенное уменьшение стока по сравнению с естественными условиями произошло на р.Арысь после ввода в действие Арысского канала и составило в среднем 55 %, в маловодные годы - 80 %, в многоводные годы - 35 %;

- в бассейнах рек Келес и Бугунь за последние 25-30 лет резких изменений стока не наблюдалось, что можно объяснить примерно одинаковым уровнем хозяйственной деятельности;

- в бассейне р.Шаян влияние хозяйственной деятельности несущественно;

- для восстановления естественного стока рек и оценки влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы может быть использована модель формирования стока КазНИГМИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубцов В.В., Ли В.И., Строева Т.П. Математическое моделирование процессов формирования стока рек в условиях ограниченной информации // Тр. 5-го Всесоюзного гидрологического съезда. - 1989. - Т.6. - С.374-382.

2. Голубцов В.В., Ли В.В.; Строева Т.П. Использование модели формирования стока горных рек для разработки метода его долгосрочного прогноза // Тр. 5-го Всесоюзного гидрологического съезда. - 1989. - Т.7. - С.111-117.
3. Ли В.И., Попова В.П. Долгосрочное прогнозирование стока р.Черный Иртыш на основе линейных регрессионных моделей // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. - 1987. - Вып.97. - С. 8-12.
4. Golubtsov V.V., Lee V.I., Skotselyas I.I. Anthropogenic Climate Change and Reduction of Water Resources : Adaptation Issues Related to the Economy in Kazakhstan // Adapting to Climate Change. Assessments and Issues. - New York: Springer-Verlag, 1996. - P.225-231.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ӨЗЕН АҒЫСЫ ҚАЛЫПТАСУЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ШАРУАШЫЛЫҚ ҚЫЗМЕТТІҢ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

Техн. ф. канд. В.И.Ли
В.П.Попова

Оңтүстік Қазақстан өзендерін мысалға ала отырып, өзен ағысың қалыптасуының математикалық әдісін қолдану арқылы шаруашылық қызметі әсерінің ықпалы көрсетілген. Арыс өзені ағысында ең үлкен антропогендік өзгерістің болғаны дәлелденді.

УДК 551.311.21:517.2:511:3

**О ВЫЧИСЛЕНИИ КОРНЕЙ ИЗ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ И УРАВНЕНИЯ
ДИОФАНТА ПРИ МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ
СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ**

А.М.Ермошкин

Разработан новый метод вычисления корней из целых чисел. Найдено решение двух уравнений Диофанта, одно из которых описывает селевую массу как трехкомпонентную среду. Процесс дробления камней не учитывается.

Развитие многочисленных вычислительных методов в настоящее время позволяет строить математические модели довольно обширных классов. Однако некоторые простые (по начертанию записи, а не по выполнению вычисления или мыслительного акта) математические операции отнимают много времени при их частом использовании. Решение уравнения

$$x = a^{1/n}, \quad (1)$$

где a и n - целые числа, на первый взгляд, в теоретическом отношении не представляет труда. На практике, когда приходится выполнять серийные расчеты, появляются проблемы. Во-первых, нет достаточного количества таблиц. Есть таблицы квадратных и кубических корней [1]. Есть таблицы для некоторых n в небольшом диапазоне целых чисел от 1 до 1000 [12]. Во-вторых, расчеты можно выполнять на ЭВМ, а это уже требует дополнительного технического оснащения. При текущих расчетах приходится составлять специальные таблицы.

На ЭВМ для решения уравнения (1) широко используется метод Ньютона

$$x_{i+1} = \frac{a + (n - 1) x_i^n}{n x_i^{n-1}} \quad . \quad i = 1, 2, \dots \quad (2)$$

Но этот метод не позволяет сделать анализ структуры получаемого решения (числа). При извлечении корней часто появляются иррациональные числа [13, 14], свойства которых еще плохо изучены.

Если школьник вычисляет квадратные корни, делая это неосознано и механически, то вычисляя корни на ЭВМ, поступают точно таким же образом. В уравнении (1) используется непростая операция. В математике под простыми операциями понимают двуместные (бинарные) операции. Например, $P = a \times b$ есть операция умножения двух множителей a и b . Произведение трех множителей $P = a \times b \times c$ будет уже трехместной операцией. Произведение n сомножителей $P = a_1 \times a_2 \times \dots \times a_n$ будет n -местной операцией. Если $a_1 = a_2 = \dots = a_n$, то $P = a^n$ или $a = P^{1/n}$, т.е. уравнение (1) есть обратная операция n -местной операции умножения. Обратные операции сами по себе представляют иногда непреодолимые трудности, а здесь еще присутствует сложная n -местная операция умножения. В работах [3, 4, 5] приводятся формулы:

$$z = (x + 1)^{0,3} \ln x, \quad (3)$$

$$\beta = A \times \ln \frac{x + ab \times t}{x \times \exp(-xt - a \times b \times t) + b}, \quad (4)$$

$$V_{cp} = \frac{1}{n} \times h^{2/3} \times i^{1/6}. \quad (5)$$

Формулы (3), (4), (5) требуют громоздких вычислений по сравнению с (1). В (4) содержится около 5 параметров. По своей структуре (5) является функционально-статистической формулой и ее не следует перегружать параметрами. Они не дадут деталь-

ного описания какого-либо процесса, кроме ненужных осложнений и не заменят дифференциальных уравнений.

Всякая формула в математике есть абстрактное отображение объективной реальности. Если процесс абстрагирования выполнен правильно, то полученные уравнения будут иметь ценность, хотя еще и не построены методы их решения. Можно записать уравнение (1) в виде:

$$x + y^n = (y + k)^n, \quad (6)$$

т.е. для вычисления корня $y + k$, или

$$y + k = (x + y^n)^{1/n}, \quad (7)$$

подкоренное число разбивается на сумму двух чисел, одно из которых y^n есть максимальная степень, а

$$x < (y + 1)^n - y^n$$

Тогда очевидно, что $0 < k < 1$ и число $y+k$ будет иррациональным. Здесь необходимо дать понятие иррационального числа, которое будет использоваться в дальнейшем.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ. Всякое число $a^{1/n}$ есть иррациональное, если $N^n < a < (N + 1)^n$, где a , $n \geq 2$, N - целые числа.

Из (6) можно получить:

$$k = \frac{1}{ny^{n-1}} \left[x - \frac{n(n-1)}{2} y^{n-2} k^2 - \dots - k^n \right]. \quad (8)$$

В формуле (8) k определяется через более высокие степени этого же параметра k . Такие функции называются рекурсивными [6, 9, 10]. Так как $0 < k < 1$, то за первое приближение для k можно взять

$$k_1 = \frac{x}{ny^{n-1}} \quad (9)$$

Затем (9) подставить в (8) и методом итераций по-

лучить к какой угодно точности. Так, например,

$$2^{1/3} = 1,25992\ 10498\ 94885\ 77170\ 81547.$$

Ввиду чрезвычайной важности, которую играет понятие симметрии [2] в науке, искусстве и природе, естественно обобщить уравнение (6), записав его в виде:

$$x^n + y^n = (y + k)^n. \quad (10)$$

Обобщение усложняет уравнение и ставит сложную и трудную проблему его решения. Это своеобразная плата за красоту и элегантность. Пусть

$$\Delta = (y + 1)^n - y^n, \quad \text{если } x^n < \Delta, \quad (11)$$

то решение (10) эквивалентно решению (6).

$$\text{Если } x^n > \Delta. \quad (12)$$

тогда (10) можно преобразовать следующим образом:

$$x_1 = x^n - \Delta, \quad y_1 = y + 1, \quad x_1 + y_1^n = (y_1 + k_1)^n,$$

т.е. y^n увеличивается (восхождение), а x^n уменьшается (спуск).

$$\text{Если } x_1 > \Delta_1, \quad \Delta_1 = (y_1 + 1)^n - y_1^n.$$

то это преобразование следует повторить, пока не станет справедливым (11).

Сущность метода заключается в том, что в (10) выделяется целая часть параметра k , а затем вычисляется дробная часть k . Пусть (10) имеет i преобразований, тогда решение можно схематически представить так:

е	↑				
и					
н				с	
е		$0 < k_1 < 1$		п	
д		$1 < k_{1-1} = ? < 2$		у	
ж		$2 < k_{1-2} = ? < 3$		с	
о			к	
х		$i-1 < k_1 = ? < i$			
с		$i < k = ? < i+1$			
о					
в					

После восхождения вычисляется k_1 , а при спуске к нему на каждом шаге прибавляется 1.

В процессе решения (10) при выполнении условий (11) и (12) k_1 всегда меньше 1 и является иррациональным числом.

Для полного выяснения свойств структуры решений (10) необходимо рассмотреть условие

$$x^n = \Delta. \quad (13)$$

Из (13) следует, что

$$a = ny^{n-1} < x^n < n(y+1)^{n-1} = b. \quad (14)$$

Пусть $L = n(y+0,5)^{n-1}$, $R = 0,5(a+b)$.

Тогда $L < R$, (15)

так как

$$\Delta - L = 1 - n/2^{n-1}, \quad (16)$$

$$R - \Delta = n/2 - 1 \quad \text{и} \quad (17)$$

$$L < \Delta < R, \quad (18)$$

$$R - L = 0,5(1 - 1/2^{n-2}).$$

Пусть x - какое-то целое число. Если $n = 2$, то $L = \Delta = R = 2y+1$ и может быть

$$(x-1)^2 < \Delta < (x+1)^2, \quad \Delta = x^2. \quad (19)$$

Если $n > 3$, то всегда справедливо (18) и

$$x^n < \Delta < (x + 1)^n, \quad (20)$$

так как наименьшее расстояние $b-a$ равно $n!$. Следовательно, величина $\Delta^{1/n}$ по определению есть иррациональное число. Безуспешные попытки решить уравнение (10) отбили всякое желание использовать уравнения Диофанта [7,15] для приложений, кроме простейших типов.

Задача. Имеется лом стали двух сортов с содержанием никеля в 5 % и 40 %. Сколько нужно взять каждого из этих сортов, чтобы получить 140 т стали с содержанием в 30 %? Ответ: 40 т 1-го и 100 т 2-го сорта. Получен как решение линейного уравнения Диофанта $ax+by=c$.

Если (10) содержит три параметра и до сих пор почти не использовалось в приложениях, то (4) и подавно не будет привлекать исследователей. Описать селевую массу можно тремя параметрами. Если сель называют грязекаменным потоком, то можно выделить воду, мелкозем (рыхлую породу) и камень, как три составляющие компоненты. Мелкозем состоит из частиц меньше 1 мм. Соотношение этих компонент в виде:

$$y = \frac{am + bn + ck}{m + n + k} \quad (21)$$

или

$$(a - y) m = (y - b) n + (y - c) k, \quad (22)$$

и дает описание селевой смеси. Здесь m , n , k - объемы соответственно камня, мелкозема, воды, $a = 2650 \text{ кг/м}^3$, $b = 2000 \text{ кг/м}^3$, $c = 1000 \text{ кг/м}^3$. Выражение (22) есть уравнение Диофанта с 4-мя неизвестными. Можно найти максимальную плотность селевой смеси. Эта простейшая модель селевой массы

не учитывает процесс дробления камня на обломки и взаимодействие объемов воды и мелкозема (процесс формирования грязи). Метод решения (21) состоит в разложении селевой смеси на 2-х компонентные смеси: грязь или вода и мелкозем (ВМ), вода-камень (ВК), грунт или камень-мелкозем (КМ). Эти смеси можно представить (изобразить) линейными функциями, которые допускают геометрическую интерпретацию. На рисунке прямая АС есть линия смеси ВК

$$y = a(1 - x) + cx,$$

ВС - линия грязи или смеси ВМ

$$y = b(1 - x) + cx,$$

АВ - линия грунта или смеси КМ

$$y = (am + bn)/(m + n).$$

Точки R_1 , R_2 , R_3 есть средние плотности соответственно ВМ, ВК, КМ.

На линии грунта точки определяют плотности смеси, которая не является селевой смесью. Поэтому точку R_3 необходимо отсечь от области текучести. Это достигается с помощью линии мелкозема АS. Точка S берется из условия, что пористость мелкозема равна 0,3. Через точку пересечения прямых АS и R_3R_2 , обозначенную буквой К и В проводится линия камня ВN. В точке К (0,1226; 2208,5) селевая смесь имеет максимальную плотность с наименьшей влажностью. В точке N (0,194; 2326,6) плотность имеет максимальную величину $\rho = 2326,6 \text{ кг/м}^3$, но эта водо-каменная смесь не может быть селевой смесью. Область текучести ограничена контуром SKNR₂CR₁. Если взять $n = 3$, $k = 1$, $y = 2200$, то из (21) следует $m = 4$. Эти целые числа, при которых $y = 2200$, называются селевыми числами. Как утверждается в [11], реальные селевые смеси могут иметь большие значения плотности.

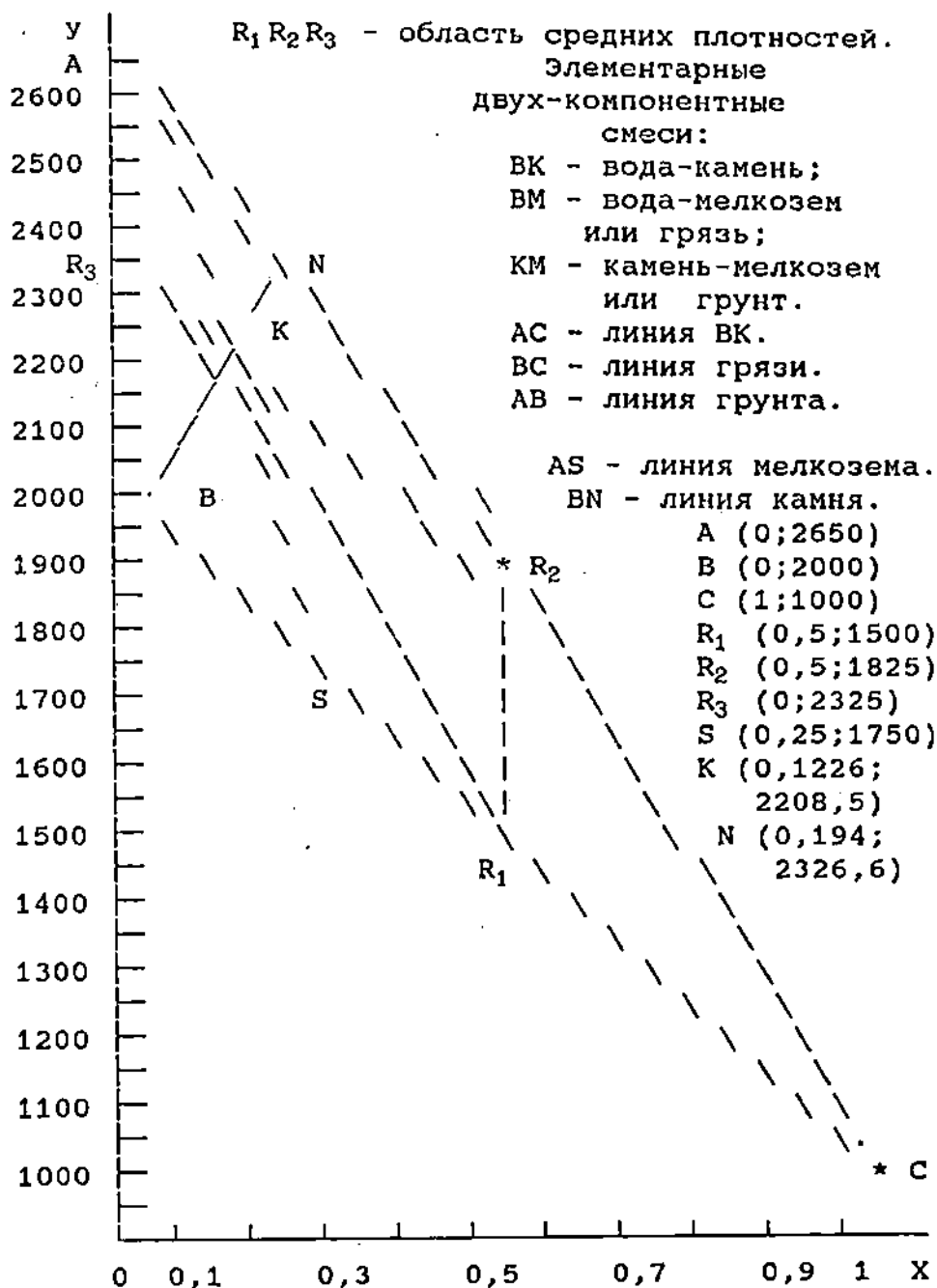


Рис. Диаграмма состояния плотности селевой смеси

На основании трех компонентов селевой смеси можно строить остальные определения характеристик селей, термины и понятия (селевой очаг, вязкость, типы селей и т.д.). Поскольку выше был приведен метод вычисления корней, то уместно напомнить задачи, с которыми связана операция извлечения корней. Среди пяти платоновых тел икосаэдр (двадцатигранник) символически означает воду и связан с решением уравнений пятой степени [8]. Можно эффективно решать алгебраические уравнения

$$x = (- a_1 x^{n-1} - \dots - a_n)^{1/n},$$

но нет подробных таблиц корней. Коэффициент Шези [5], функциональные преобразования [3], многие эмпирические формулы и т.д. связаны с вычислением корней.

Решение уравнений высоких степеней - это уже не математическая операция, а целая теория: теория групп, теория Галуа, теория инвариантов, теория эллиптических функций, современная алгебра и т.д. и вообще вся математика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Таблицы Барлоу квадратов, кубов, квадратных корней, кубических корней и обратных величин всех целых чисел от 1 до 15 000. / Под ред. Л.С.Хренова. - М.: Мир, 1975.- 376 с.
2. Вейль Г. Симметрия. - М.: Наука, 1968.-192 с.
3. Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование процессов формирования стока. - Л.: Гидрометеоиздат, 1988. - 312 с.
4. Виноградов Ю.Б. Некоторые вопросы формирования селевых потоков и методики их расчета // Тр. КазНИГМИ. - 1968. - Вып. 33. - С. 5 - 29.
5. Голубцов В.В. О гидравлическом сопротивлении и формуле для расчета средней скорости течения горных рек // Тр. КазНИГМИ. - 1968. - Вып. 33. - С. 30 - 41.
6. Гудстейн Р.П. Рекурсивный математический анализ. - М.: Наука, 1970. - 472 с.

7. Диофант Александрийский. Арифметика. - М.: Наука, 1974. - 328 с.
8. Клейн Ф. Лекции об икосаэдре и решении уравнений пятой степени. - М.: Наука, 1989. - 336 с.
9. Кушнер Б.А. Лекции по конструктивному математическому анализу. - М.: Наука, 1973. - 448 с.
10. Роджерс Х. Теория рекурсивных функций и эффективная вычислимость. - М.: Мир, 1972. - 624 с.
11. Степанов Б.С., Степанова Т.С. Механика селей. - М.: Гидрометеоздат, 1991. - 380 с.
12. Тишин С.Д., Тишин С.С. Таблицы возведения в степень. - М.: Статистика, 1979. - 400 с.
13. Фельдман Н.Н. Седьмая проблема Гильберта. - М.: МГУ, 1982. - 312 с.
14. Шидловский А.В. Трансцендентные числа. - М.: Наука, 1987. - 448 с.
15. Шмидт В.М. Диофантовы приближения. - М.: Мир, 1983. - 228 с.

Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

БҮТІН САННАН ТҮБІР ТАБУ ТУРАЛЫ ЖӘНЕ СЕЛ ТАСҚЫНЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІН ЖАСАУ ҮШІН ДИОФАНТТЫҢ ТЕҢДЕУЛЕРІ

А.М.Ермошкин

Бүтін саннан түбір табудың жаңа әдісі айқындалды. Диофанттың екі теңдеуінің шешімі табылды, оның біреуі бойынша сел салмағы- үшкомпонентті орта деп сипаттайды. Тасты айдалау процесі ескерілмейді.

УДК 624.131.551

**О КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЯХ В ГОЛОЦЕНЕ В
БАССЕЙНЕ РЕКИ БОЛЬШАЯ АЛМАТИНКА**

Канд. техн. наук Б.С. Степанов
А.Х. Хайдаров
Р.К. Яфязова

Изложена гипотеза об основных этапах формирования завала, приведшего к образованию Большого Алматинского озера. Дана оценка объемов завальных масс, характеристик селя, возникшего при прорыве проозера.

Современные тектонические движения в Тянь-Шане стали причиной крупных катастроф на северном склоне хребта Заилийский Алатау. В относительно недалеко, по геологическим меркам, прошлом в бассейне реки Б.Алматинка произошел, скорее всего, сейсмогенный обвал блока горных пород, объемом 0,15-0,25 км³. Гигантская масса обломков обрушилась с высоты более 500 м в ущелье, образовав завал высотой около 400 м, шириной по верхней кромке 1000-1200 м. Ущелье оказалось заполненным обвальными массами на протяжении почти 2-2,5 км.

Образование завалов объемами до нескольких кубических километров - типичное явление для горных систем Памиро-Алая и Тянь-Шаня. Наиболее известным по масштабам проявления в последнем столетии является Усойский завал. Обрушение блока горных пород объемом около 2,2 км³ привело к образованию естественной плотины, перегородившей путь р.Мургаб. В результате образовалось одно из самых крупных высокогорных озер - Сарезское. Его объем составляет 16-17 км³, наибольшая глубина - 399,6 м, длина 55,8 км [1].

Подобным образом на северном склоне Заилийского Алатау образовались озера Есик и Б.Алматинское. Произошло это, по различным оценкам, от двух

до десяти тысяч лет тому назад. В последующий период котловины озер заполнялись аллювиально-пролювиальными, в частности, селевыми отложениями. К настоящему времени большая часть котловин занесена, поэтому ресурс этих естественных селехранилищ практически исчерпан. Ярким подтверждением сказанному является частичное разрушение завала, служившего естественной плотиной озера Есик. Прорыв плотины произошел в результате процессов, вызванных вхождением селя в акваторию озера. Воздействие на плотину образовавшихся на поверхности озера волн и повышение уровня последнего за счет поступившей селевой смеси вызвало столь значительное увеличение расхода воды (к тому же имевшему пульсационный характер) в сформированном ранее в теле завала русле, что самооттопка была сорвана и начался лавинообразный процесс образования прорана, через который и произошло практически полное опорожнение озера.

Более сложно, по нашему мнению, протекало формирование Б.Алматинского озера. Поскольку прямых свидетельств происхождения озера не сохранилось, наше изложение носит гипотетический характер.

Ко времени катастрофы река Б.Алматинка на участке будущего завала протекала в троговой долине, вмещавшей конечные морены среднечетвертичного возраста (Q_2). Массив, обрушение которого сформировало завал, располагался по левому борту ущелья и ограничивался с юга руч.Серкебулак и с запада руч.Правый Аюсай. В результате обрушения практически вся конечная морена в створе, расположенном в 200-250 м ниже северной оконечности современного озера, была перекрыта завальными массами до абсолютных отметок 2650-2700 м. Зародившееся в образовавшейся емкости прaeозеро наполнялось водами р.Озерной. Примерно через 1,5-2 года оно достигло объема 100-150 млн.м³, после чего произошло катастрофическое опорожнение озера и описанные ниже явления.

В отличие от прорыва оз.Есик, где проран не углублялся в озерные отложения, в ходе опорожне-

ния проозера была уничтожена не только перемычка, сложенная материалом завала, но практически вся морена среднечетвертичного возраста, за исключением небольшого фрагмента, расположенного восточнее современной акватории озера. В результате размыва завала и моренных отложений сформировался гигантский селевой поток, объем которого более чем в 50 раз превышал объем селя 1973 г. на реке М.Алматинка и составлял примерно $200 \cdot 10^6$ м³. Углубление дна долины было столь значительным, что нарушение устойчивости бортов, сложенных свежими завальными, а также моренными отложениями, привело к осову крупного блока рыхлообломочных пород, расположенного по правому борту образовавшегося прорана. После чего произошло обрушение значительно меньшего по объему блока пород левого борта прорана.

Тыловой шов сместившихся масс правого борта завала хорошо прослеживается как на аэрофотоснимках и крупномасштабных топографических картах, так и на местности. Он начинается от северо-восточной оконечности озера в направлении на северо-восток, затем направление изменяется на северное и северо-северо-западное. Общая длина шва 2200 м (рис.1).

Тыловой шов осова левого борта завала находится на расстоянии 400 м западнее северо-западной оконечности озера и прослеживается по длине на 500-600 м. Рыхлообломочные массы этого осова и образовали гребневую часть вторичного завала. Это создало условия для образования озера, просуществовавшего до наших дней.

Приведем основные доводы, подтверждающие изложенную выше гипотезу.

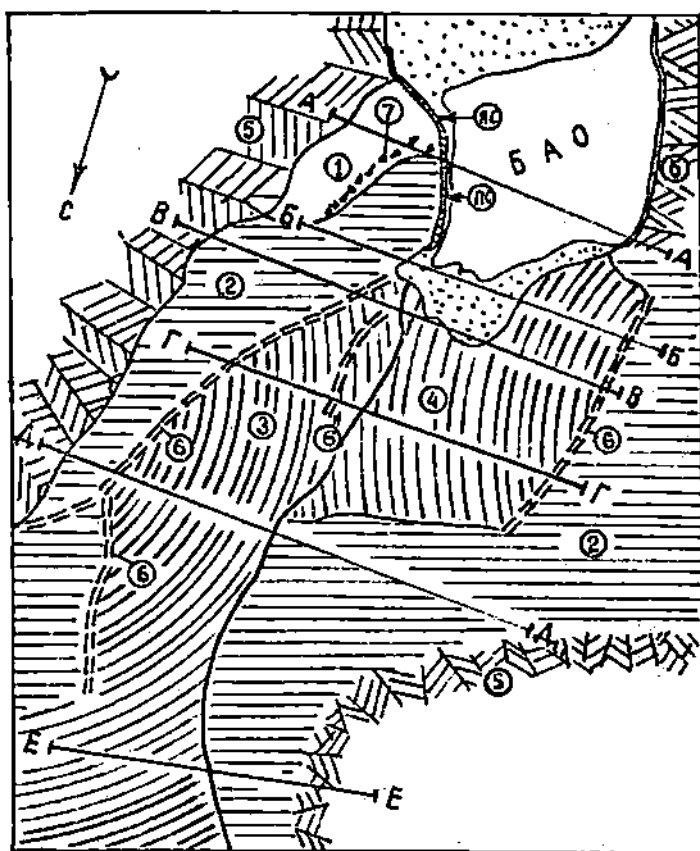


Рис. 1. Схема морфологических особенностей завала Большого Алматинского озера. 1-морена; 2-тело завала, не подвергшееся повторной дислокации; 3-завальные массы правого борта долины, сместившиеся относительно первоначального положения; 4-завальные массы, сместившиеся с левого борта и образовавшие крутую ступень нижнего бьефа; 5-коренные породы склонов; 6-тыловые швы сместившихся масс; 7-зона выброса на поверхность морены отдельных обломков из тела завала; ПС-плоскости сдвига моренных отложений и завальных масс; А-А, Б-Б и т.д.-поперечные профили через тело завала.

Изучение аэрофотоматериалов, топографических карт и непосредственное обследование местности позволяет утверждать, что основная часть завальных масс образовалась в результате разрушения массива, основание которого располагалось на месте существующей ниши, находящейся западнее бывшей обсерватории Государственного астрономического института им. Штернберга. Объем массива оценен в ходе реконструкции рельефа, существовавшего до катастрофы. Реконструкция заключалась в экстраполяции внешних склонов, окружающих нишу (рис. 2), до их пересечения. Результаты реконструкции показали, что максимальная высотная отметка обрушившегося массива составляет 3300-3400 м и согласуется с окружающим рельефом. Объем перемещенной массы близок по величине к $300 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. Форма ниши, наличие выхода коренных пород в восточной ее части позволяют предположить, что механизм смещения был близок к таковому оползней вращения [3].

Начальный объем рыхлообломочных пород в завале определялся при следующих допущениях: ущелье было заполнено до высотных отметок, соответствующих восточному краю завала, сохранившегося в настоящее время; ущелье имело форму, определяемую его склонами; фронтальная часть морены была наклонена на север под углом 17° . Объем завала, с учетом вышесказанного, определен в пределах $(200-250) \cdot 10^6 \text{ м}^3$. Нетрудно видеть, что объемы реконструированного массива и тела завала близки по величинам.

Форма поверхности завала позволяет обосновать предысторию ее образования. Продольные профили долины после завала, последующего прорыва озера и существующий ныне приведены на рис. 3. В верхней своей части завал перекрыл упомянутую выше конечную морену ледника, спускавшегося в среднем антропогене до высоты, близкой к 2000 м. Скорее всего этот ледник - результат слияния ледников, формировавшихся в бассейнах современных притоков реки Б.Алматинка: Арчалы, Озерная и Кызылсай в эпоху Днепровского оледенения.

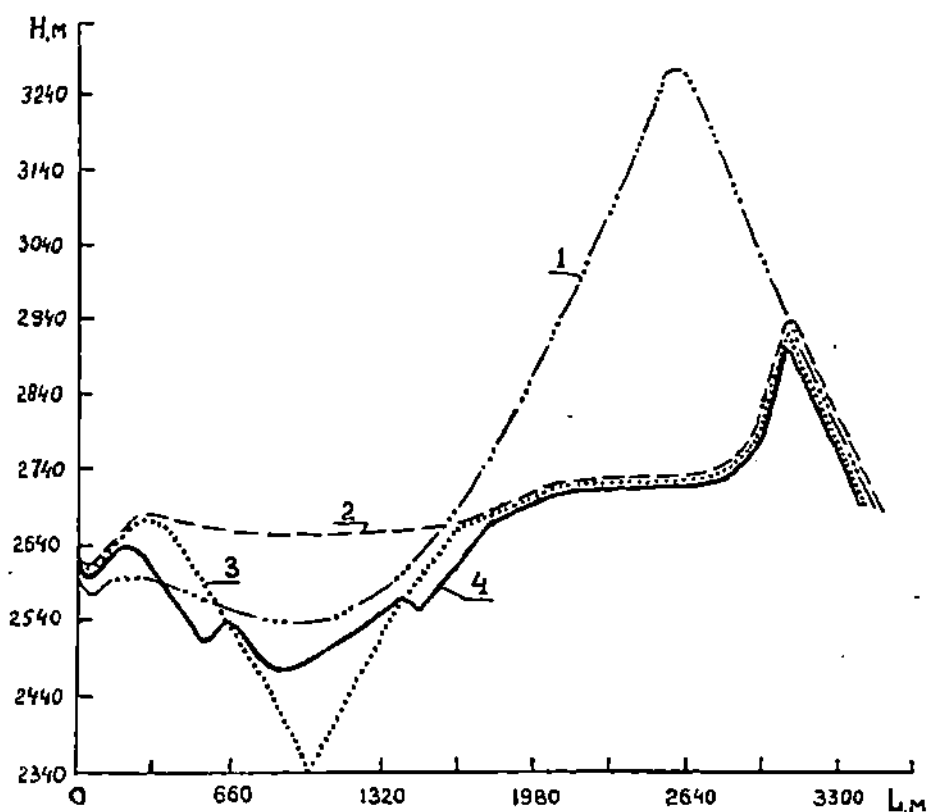


Рис. 2. Реконструкция поперечных профилей, проходящих в 200 м севернее современной перемычки Большого Алмадинского озера. 1-до образования завала; 2-после образования завала; 3-после прорыва прозора; 4-современное состояние.

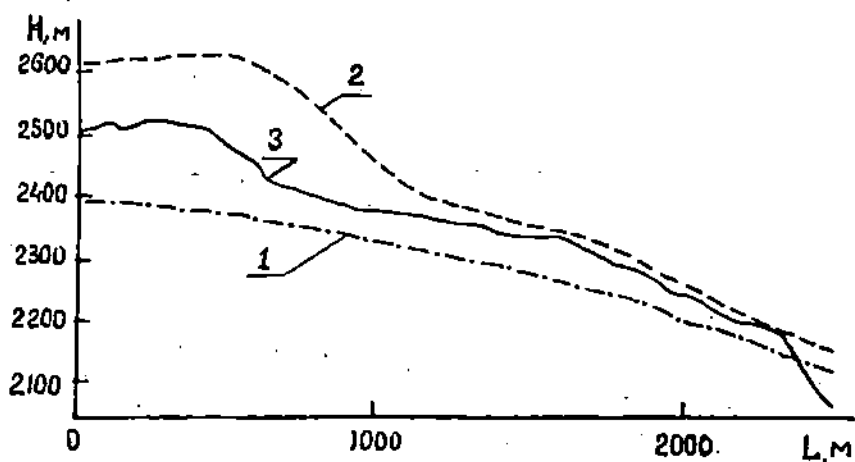


Рис. 3. Реконструкция продольных профилей долины от устья р. Кумбель до озера. 1-до образования завала; 2-после образования завала; 3-современное состояние.

Потепление климата в Q_2 привело к деградации оледенения и распаду мощного ледникового комплекса на отдельные ледники, которые в периоды похолодания в Q_3 и Q_4 откладывали морены на более древние отложения. Поскольку изменение климата в северном полушарии происходит синхронно, можно предположить, что в эпоху Днепровского оледенения средняя температура в Заилийском Алатау была ниже современной на 11-13 °С, а нижняя граница ледников опускалась в те времена до отметок 1700-1800 м. Эти значения, полученные на основе анализа содержания изотопа кислорода O^{18} в керне глубоководных осадков из Тихого океана [2] и при условии неизменности вертикального температурного градиента, хорошо согласуются с высотными отметками нижних границ морен среднечетвертичного возраста в бассейнах рек Малой и Большой Алматинки. Конечные морены Q_3 перекрывают морены Q_2 в интервале высот 2600-2700 м.

Фрагменты мощной морены, образовавшейся в Q_2 в бассейне реки Б.Алматинка, сохранились в высот-

ной зоне 2500-2800 м: от Б.Алматинского озера до слияния рек Озерной и Арчалы. Отличительной особенностью отложений Q_2 является сильная разрушенность валунов, представленных серыми гранитами, и, главное, наличием в составе отложений обломков пород, не встречающихся в окрестностях Б.Алматинского озера. Причем обломки этих пород обнаружены не на поверхности отложений. В морене у южной оконечности озера они добыты с глубины 2,5 м; у слияния рек Арчалы и Озерной - из сурчиной высыпки; в районе селевых врезов Правый и Левый Озерные - из под корней арчи и т.д. На крупных обломках хорошо сохранились зеркала скольжения, покрытые тонкой корочкой хлорита, что свидетельствует о спокойной обстановке транспортировки отложений. Анализ шлифов показал, что это туфоалевролиты, туфы кислого состава, катаклазированная кремнистая порода.

Макроскопически обломки тонко- и мелкозернистые буровато-сиреневого и сиреневого цвета. Выходы этих пород на дневную поверхность характерны для основного водораздельного хребта. Ниже впадения р.Арчалы в р.Озерная фрагменты древней морены хорошо прослеживаются в правобережной части долины. Частично морена перекрывается современными отложениями селей, формирующихся на склоне западного гребня пика Советов, а также глыбами завала, образовавшегося в голоцене.

Как отмечалось выше, на месте озера находилось моренное поле с высотными отметками, близкими к 2550 м. Основанием для такого утверждения может служить наличие сохранившегося фрагмента морены, имеющего общий с завальными массами откос, образующий юго-восточный берег Б.Алматинского озера.

Основная масса обломков во время обрушения перемещалась на северо-восток, а затем на север. Это особенно отчетливо видно на аэрофотоснимках зимних залетов. На юго-восток же попала малая толика обвальных масс, которая практически не имела шансов оказаться на месте их нынешнего залегания,

будь на месте моренного поля значительное углубление.

Сомневающимся в существовании в прошлом упомянутого моренного поля придется искать ответ на вопрос: почему в соседних ущельях, в том числе и со значительно меньшими площадями водосборных поверхностей, имеются моренные отложения на этих же высотных отметках? В частности, в бассейне р. Кумбель, морена спускается практически до впадения в реку Б.Алматинка.

Хотя завальный генезис Б.Алматинского озера (БАО) у большинства исследователей не вызывает сомнений, остаются под вопросом процессы, приведшие к современному облику завала (рис.1). Анализ формы и значений высотных отметок характерных точек на профилях, проведенных через тело завала, показывает, что правый борт завала возвышается над его средней частью на 100-150 м (рис.4). Каньонообразная форма углубления в теле завала может быть объяснена тектоническими движениями, либо эрозионными процессами, имевшими место при опорожнении проозера.

Вероятность тектоники с амплитудой вертикальных движений сотни метров на площадях, не превышающих первые квадратные километры ничтожно мала. Напротив, гипотеза об эрозионном генезисе углубления в теле завала находит качественное и количественное подтверждение при возникновении очагов селеформирования на моренах Заилийского Алатау.

Гипотеза о вторичном генезисе современной озерной перемычки подкрепляется и следующими аргументами. Высотные отметки восточной границы завальных масс, расположенных в южной части завала, отличаются незначительно на протяжении почти 200-300 м. Из сказанного можно сделать вывод, что траектории движения завальных масс вдоль направлений, проходящих через южную оконечность завала и современную озерную перемычку были близки.

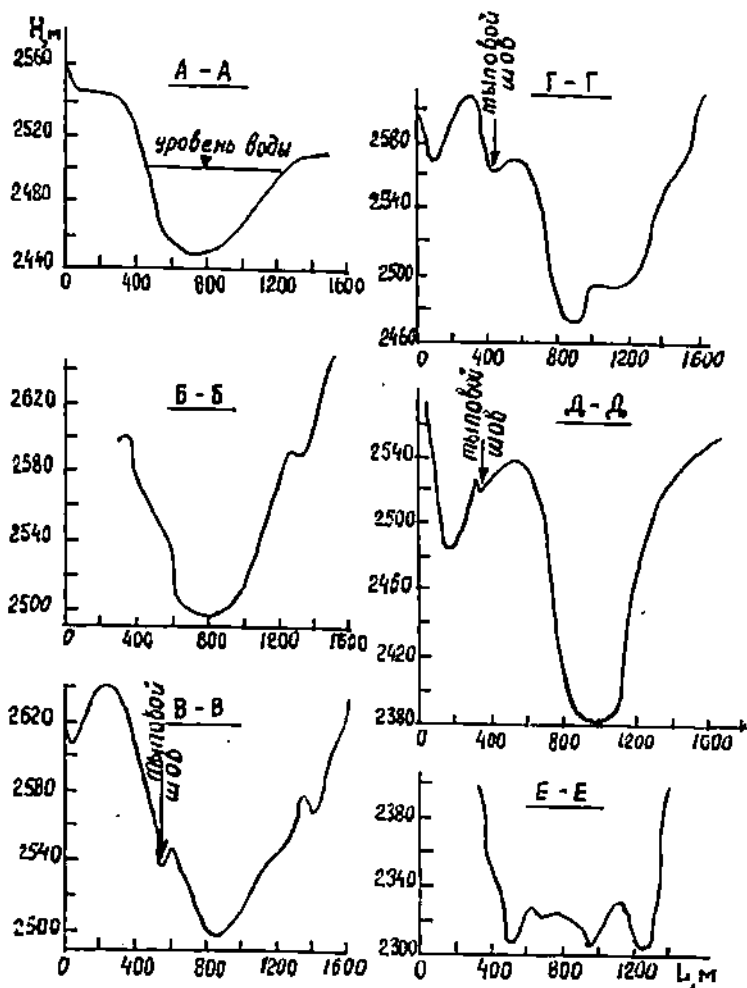


Рис. 4. Поперечные профили через тело завала. Схема расположения поперечных профилей приведена на рис. 1.

Представляется также очевидным, что на месте озера находилась среднечетвертичная морена с высотными отметками 2500–2550 м, фрагмент которой сохранился и образует правый берег озера, либо на месте озера находился участок ущелья, высотные отметки дна которого были на 120–170 м ниже современных. Упомянутое ущелье должно было представлять собой врез, образовавшийся в морене в ре-

зультате селевых явлений до формирования завала.

Однако второе предположение вступает в противоречие с выводом о том, что направления движения завальных масс вдоль упомянутых выше траекторий близки. Следовательно, на месте озера находилась морена, которая была размыта в ходе опорожнения проозера. Этот вывод подтверждается и тем, что откос, образующий юго-восточный берег озера, имеет видимую высоту около 100 м и наклонен под углом, близким к 37° , причем его плоскость проходит как через завальные массы, так и соседствующие с ними моренные отложения. Причина его образования связана с эрозионным углублением в теле завала и моренных отложениях в ходе опорожнения проозера. Следовательно, образование современной перемычки - результат нарушения устойчивости бортов эрозионного углубления в теле завала.

Поскольку особенности геологического и геоморфологического строения Заилийского Алатау, сейсмоактивность и климат в обсуждаемом регионе в течение голоцена изменились незначительно, целесообразны комплексная оценка риска хозяйственной деятельности в условиях возможной реализации природных катастроф, выявление роли антропогенного фактора в провоцировании катастрофических явлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаханянц О.Е. Срез. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 112 с.
2. Монин А.С. История Земли. - Л.: Наука, 1977. - 228 с.
3. Цытович Н.А. Механика грунтов. - М.: Высшая школа, 1979. - 272 с.

Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

ҮЛКЕН АЛМАТЫ ӨЗЕНІНІҢ АЛҚАБЫҢДА АПАТТЫ ГОЛОЦЕНДІ ҚҰБЫЛЫСТАР ТУРАЛЫ

Техн. ғ. канд. Б.С.Степанов
А.Х.Хайдаров
Р.К.Яфязова

Үлкен Алматы көлі пайда болуына себепті маңызды
этаптардың гипотезасы айтылды. Көлдік жарылу ағыны кезіндегі
селдің масса көлеміне және мінездемелеріне баға берілген.

УДК 504.37 (574.51)

**О РОЛИ И ТЕНДЕНЦИЯХ РЕЖИМА УВЛАЖНЕНИЯ В
ПРОЦЕССАХ ОЧИЩЕНИЯ АТМОСФЕРЫ НАД
АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТЬЮ**

А.В. Белый

Проанализирован характер влияния атмосферных осадков на концентрации различных примесей, находящихся в воздушном бассейне. Изучены изменения в режиме увлажнения территории области путем аппроксимации рядов осадков линейными трендами и скользящими средними. Приведены оценки тенденций за разные интервалы времени. Сделаны выводы о роли изменения режима осадков в процессах очищения воздуха.

Выпадение осадков - дождя или снега является одним из механизмов выведения загрязняющих веществ из атмосферы и их осаждения на земную поверхность. Повышенные концентрации ряда примесей редко наблюдаются после дождя [4,12,15], а эффективность их удаления из атмосферы в большей степени зависит от интенсивности и количества выпавших осадков [2,3].

Проблема очищения воздуха атмосферными осадками сравнительно мало изучена на территории Алматинской области, а некоторые ее аспекты, такие как влияние изменения режима осадков на процессы вымывания вредных веществ из атмосферы, не исследованы вообще. Следует отметить, что в целом за год на территории области выпадает небольшое количество осадков - в среднем - 400 - 450 мм. Поэтому, данный фактор не оказывает такого существенного влияния на содержание примесей в воздухе, как, например, в европейской части России. Однако, в центральной части предгорных районов юга области происходит существенное увеличение количества выпадающих осадков до 600 - 700 мм. Здесь

же расположен огромный промышленно - транспортный потенциал, который является мощным источником загрязнения атмосферы. В этих районах, вследствие их близости к горным хребтам, наблюдается высокая повторяемость условий, способствующих накоплению вредных примесей в воздухе и прежде всего слабых ветров и инверсий температуры. В связи с этим, роль атмосферных осадков в очищении атмосферы от загрязняющих ее веществ на данной территории существенно повышается.

В работе изложены основные результаты оценки той роли, которую играют осадки в удалении примесей из атмосферы, а также приводятся результаты исследования изменений в режиме атмосферных осадков за длительный период времени в Алматинской области и их влияние на уровень загрязнения воздуха. Одной из первых задач, стоящих перед автором, явилось определение влияния выпадения осадков - дождя или снега на очищение воздушного бассейна от разного рода примесей. Известно [8,11,14], что процесс вымывания примесей осадками может протекать двумя разными способами. Так, загрязняющие соединения могут растворяться в облачных каплях в процессе образования облаков, после чего происходит трансформация в большие по размерам капли дождя и с осадками растворенные примеси поступают на земную поверхность. Другой способ вымывания вредных веществ из атмосферы заключается в "захватывании" содержащихся в воздухе поллютантов пролетающими каплями дождя и переносе их на земную поверхность. Как в первом, так и во втором случаях выпадение атмосферных осадков приводит к значительному очищению воздушного бассейна.

Автором работы проанализировано влияние выпадения жидких - дождя и твердых - снега осадков на изменения в содержании различных примесей в воздухе по данным стационарных наблюдений в гг. Алматы и Капшагай. Для этого были выбраны сутки, в которые несколько раз отмечалось выпадение осадков. Выбор основывался на минимизации воздействия других факторов, таких как скорость

ветра, туманы, инверсии температуры воздуха и пр., способствующих изменению уровня загрязнения атмосферы. В результате такого подхода удалось проследить колебания в содержании вредных примесей в воздушном бассейне именно под воздействием выпадения атмосферных осадков. На рис. 1 и 2 показан суточный ход отношений разовых концентраций (q_r) пыли, SO_2 , CO и NO_2 к их средним суточным значениям (q_s), а также временные интервалы выпадения осадков.

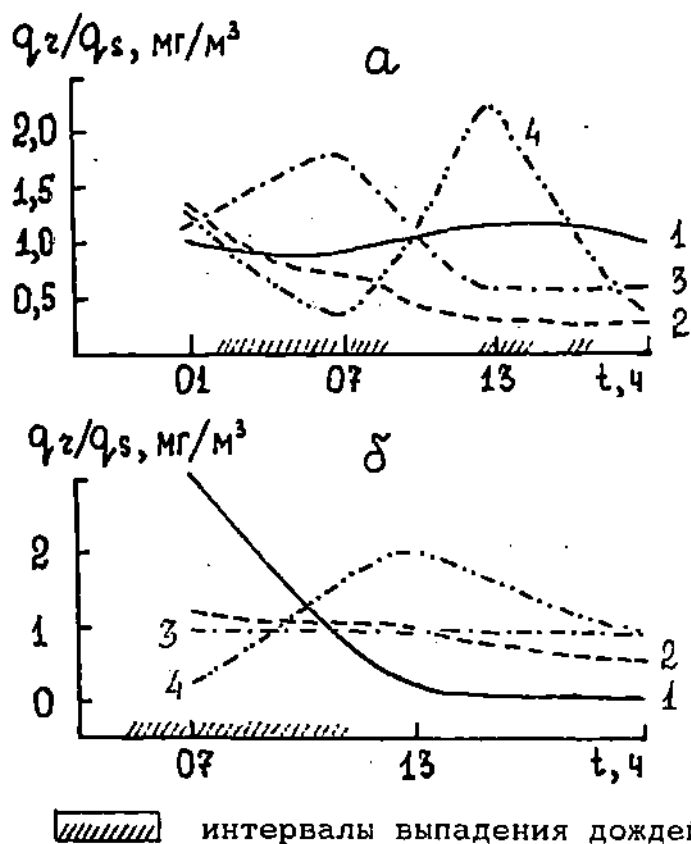
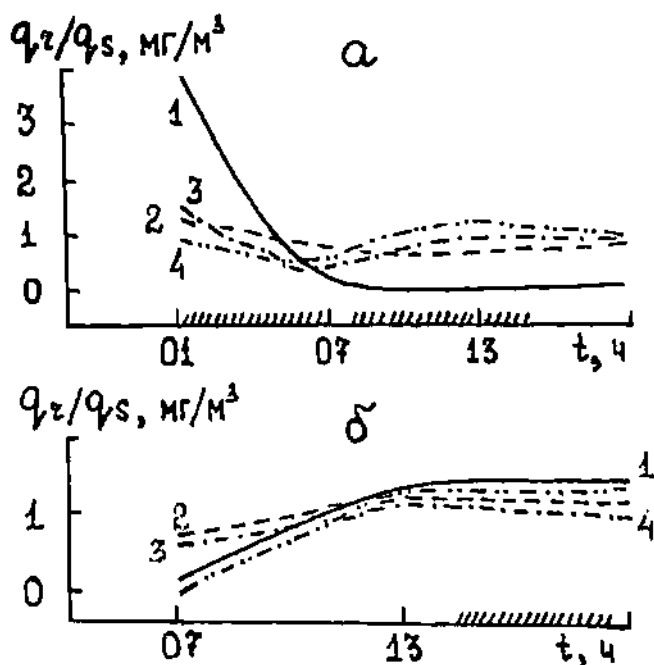


Рис. 1. Суточный ход отношений q_r/q_s концентраций пыли (1), SO_2 (2), CO (3), NO_2 (4) в атмосфере и временные интервалы выпадения дождей в г. Алматы 19.05.94 (а) и г. Капшагай 14.07.94 (б)



▨ интервалы выпадения твердых осадков

Рис. 2. Суточный ход отношений q_r/q_s концентраций пыли (1), SO_2 (2), CO (3), NO_2 (4) в атмосфере и временные интервалы выпадения твердых осадков в г. Алматы 20.02.94 (а) и г. Капшагай 29.01.94 (б)

Рассмотрим суточный ход концентраций различных примесей в зависимости от выпадения дождей - в городах Алматы - рис. 1а и Капшагай - рис. 1б. В изучаемые сутки во время дождя содержание в воздухе пыли, диоксида серы и диоксида азота имело устойчивую тенденцию к снижению. Так, в Алматы 19 мая за несколько часов концентрации SO_2 и NO_2 снизились на 67 % и достигли в утренние часы $0,008 \text{ мг/м}^3$ и $0,004 \text{ мг/м}^3$ соответственно. В Капшагае наиболее интенсивно в рассматриваемые сутки - 14 июля происходило снижение во время дождя пыли, концентрации которой к окончанию осадков - 11 часам составили 37 % от ее замера до начала дождя. Содержание в воздухе диоксида серы изменилось на 10 %, а концентрации NO_2 увеличились и

достигли на конец периода выпадения осадков $0,01 \text{ мг/м}^3$, что составило рост на 61 %. После прекращения осадков в ближайшие 4-5 часов в обоих городах продолжалось снижение содержания в воздухе диоксида серы, хотя темпы этого процесса существенно замедлились. Тенденции изменения концентрации пыли и NO_2 после дождя сменили свой знак на противоположный, их содержание в воздушном бассейне Алматы стало расти. Особо интенсивно выросли концентрации последней примеси - за 5 часов рост ее составил 90 %. В Капшагае содержание пыли после дождя стабилизировалось и колебалось в пределах $0,1 \text{ мг/м}^3$. Концентрации же диоксида азота стали несколько снижаться и составили на 19 часов лишь 50 % от величины, замеренной 6 часов назад. Особо примечателен ход концентрации оксида углерода. Как в Алматы, так и в Капшагае в рассмотренные сутки его содержание в атмосфере практически не коррелирует с периодами выпадения дождей. Так, во время осадков в Алматы его концентрации возрастали, а по Капшагаю - не изменялись вообще.

Суточный ход различных примесей и интервалы выпадения твердых осадков показаны на рис. 2. Как видно на графиках, четкой зависимости между ними не прослеживается. Так, 20 февраля в Алматы (рис. 2 а) во время "первого" снегопада - с 01.00 ч до 06.00 ч концентрации всех рассмотренных примесей снижались. После прекращения осадков и в течение 4,5 часов во время "второго" снегопада, начавшегося утром, происходило накопление в воздухе вредных поллютантов. Концентрации пыли и SO_2 при этом существенно не изменились. В Капшагае - рис. 2б - во время снегопада 29 января отмечено снижение содержания в воздухе лишь оксида углерода, а по остальным примесям прослеживалось замедление или стабилизация их роста.

Вышеприведенные данные свидетельствуют о том, что осадки на рассматриваемой территории способствуют очищению атмосферы от таких примесей, как пыль, диоксид серы и диоксид азота. Во время выпадения дождя их концентрации многократно снижаются, особенно отчетливо эта тенденция прос-

леживается по городу Алматы, что, очевидно, связано с более высоким уровнем загрязнения атмосферы по сравнению с Капшагаем и с большей интенсивностью осадков в предгорной зоне, что обуславливает более выраженные тенденции в очищении воздуха атмосферными осадками. После прекращения дождя для городов характерно также низкое содержание рассмотренных примесей, особенно диоксида серы в течение нескольких часов.

Значительное повышение содержания в воздушном бассейне Капшагай NO_2 во время выпадения дождя, а в Алматы после его прекращения, по всей видимости, связано со значительной неритмичностью выбросов, поступающих от низких источников - автотранспорта. В итоге темпы роста концентрации этой примеси заметно превышают темпы самоочищения атмосферы.

Удаление вредных примесей из атмосферы твердыми осадками в обоих городах не может быть оценено однозначно. Как и дождь, этот вид осадков способствует снижению в воздухе концентрации ряда поллютантов, однако, его эффективность практически в 2 раза уступает процессу самоочищения атмосферы во время дождя. Исключение составляет пыль, концентрации которой в Алматы заметно убывают во время снегопада, а в последующем имеют значения, близкие к нулю. В целом же надо отметить, что твердые осадки на рассматриваемой территории способствуют очищению атмосферы от ряда примесей и, в частности, от пыли, диоксида серы, диоксида азота. Однако, на их содержание в данное время года в воздухе свой отпечаток накладывают и другие факторы, а именно, увеличение выбросов от стационарных установок во время отопительного сезона. В этом отношении Капшагай находится в более выгодном положении: заметно уступая по размерам и, следовательно, по промышленному и транспортному потенциалу здесь в большей мере прослеживается механизм очищения атмосферы за счет выпадения твердых осадков. Концентрации пыли, NO_2 , SO_2 в период снегопада здесь стабилизируются или их рост замедляется и составляет всего 5-8 %. Исключением в обоих городах является оксид углерода,

который практически не вымывается из атмосферы осадками и не вступает в химические реакции с другими примесями. Именно по этой причине в период исследований концентрации данной примеси либо не изменялись во время осадков, либо имели противоположную тенденцию ходу значений остальных поллютантов. Очевидно, что на уровень содержания оксида углерода в большей степени оказывают влияние условия переноса и рассеивания, нежели атмосферные осадки.

Как показывают данные в [9,10,13], удаление примесей из атмосферы существенно зависит от интенсивности, количества и повторяемости выпадения атмосферных осадков. Автором проанализированы зависимости индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) от числа суток с осадками в городах Алматы и Капшагай, которые графически показаны на рис. 3.

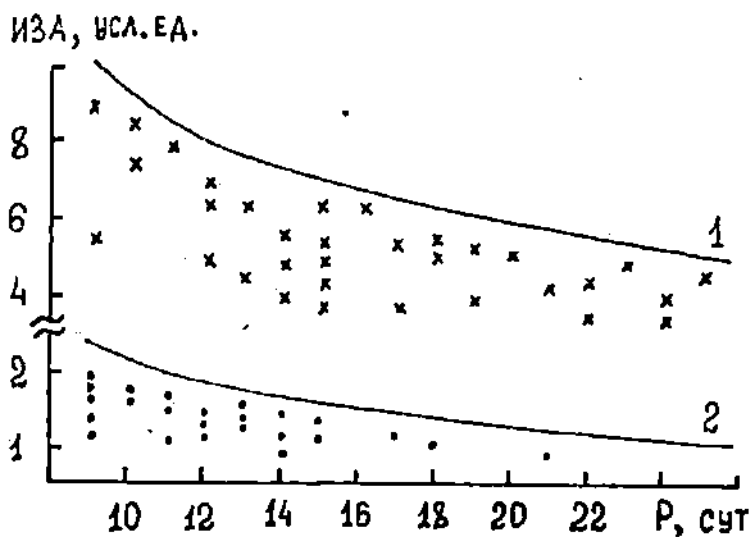


Рис. 3. Зависимость между средними месячными значениями индекса загрязнения атмосферы - ИЗА в усл. ед. и числом суток с осадками (P, сут) по данным стационарных постов в гг. Алматы (1) и Капшагай (2)

Как видно на графике, увеличение числа суток с осадками ведет к снижению значений ИЗА. Особенно отчетливо эта тенденция прослеживается по городу Алматы, где осадки наблюдаются в среднем за год на 50 - 60 сут. чаще, чем в Капшагае. Очевиден также и тот факт, что в предгорьях по сравнению с равнинной частью области интенсивность выпадающих осадков значительна. Так, по данным станции Алматы, ОГМС в среднем многолетнем она составляет 0,013 мм/мин. Таким образом, при увеличении повторяемости и интенсивности атмосферных осадков на рассматриваемой территории способность атмосферы к самоочищению возрастает.

Проанализированные выше зависимости между осадками и уровнями загрязнения воздушного бассейна в городах Алматы и Капшагай, находящиеся в разных физико - географических условиях, показали, что не на всей территории области первые достаточно эффективно способствуют очищению атмосферы. Очевидно, что наибольшая эффективность вымывания вредных примесей осадками прослеживается в центральной части предгорных районов юга области, где в отличие от других мест существенно возрастает их количество, интенсивность и повторяемость. На остальной же территории области роль атмосферных осадков в очищении воздуха - значительно ниже, прежде всего, из-за их малого количества. Однако, последнее не означает полного отрицания автором способности первых влиять на уровень загрязнения атмосферы в этих районах.

Принимая во внимание ту роль, которую оказывают осадки в процессах очищения воздушного бассейна на большей части рассматриваемой территории, следует ожидать, что изменения в режиме увлажнения непосредственно скажутся и на уровне загрязнения воздушного бассейна. Поэтому, следующей задачей автора явилось изучение направленности изменений режима выпадения осадков с целью перспективной оценки возможного загрязнения природной среды.

По данным работ [1,7] уменьшение количества выпадающих осадков на планете в целом зависит в какой - то мере от изменений термического режима.

Так, при повышении средней температуры приземного слоя воздуха уменьшается меридианальный градиент, что приводит к уменьшению потоков водяного пара с океанов вглубь материков. Поэтому, происходит снижение количества осадков на значительной части внутриконтинентальных районов, к которым относится и рассматриваемая территория. Однако, содержащиеся доказательства в работе [1], показывают, что при значительном потеплении, количество осадков может возрасти. Это связано с заметным повышением абсолютной влажности воздуха, в связи с чем, существенно возрастает количество внутримассовых осадков. Кроме этого, повышение температуры воздуха на планете способствует увеличению энергии всей атмосферы, что в свою очередь активизирует процессы, протекающие в ней [7]. Значит, следует ожидать существенное ускорение скорости переноса влаги с океана на материк, что ведет к увеличению количества выпадающих осадков в ряде регионов.

Для исследования динамики режима осадков над рассматриваемой территорией изучались тенденции в рядах значений средних годовых и сезонных сумм осадков за многолетний период времени по 10 станциям области. Вначале были вычислены линейные тренды в рядах годовых значений сумм осадков, которые сравнивались с трендами в рядах сезонных - зимних и летних их значений. В табл. 1 приведены данные, характеризующие рассчитанные тренды. Оценка статистической достоверности полученных результатов проводилась с помощью критерия Стьюдента (t_{st}), который, как известно, равен отношению величины среднего прироста к его статистической ошибке. Выяснилось, что на 5 % уровне значимости рассчитанные значения t - критерия Стьюдента больше критических его значений только на станциях: Алматы, ОГМС, Нарынкол, Каменское Плато и Анархай. При этом, статистически значимое увеличение количества осадков на первой происходит в зимний период года, на второй - летом, на последней фиксируется снижение количества осадков как летом, так и в целом за год, а по станции Каменское Плато возрастают их годовые суммы.

Таблица 1

Характеристики трендов: средний годовой прирост (P , мг/м^3) и критерий Стьюдента (t) в рядах средних годовых и сезонных сумм атмосферных осадков по данным станций Алматинской области

Период наблюдений, гг	Годовой тренд		Зимний тренд		Летний тренд	
	P	t	P	t	P	t
Алматы, ОГМС						
1930-1995	1,30	1,57	0,43	2,28	0,15	0,47
Каменское Плато						
1961-1995	4,73	2,46	0,65	1,10	0,51	0,57
Мынжилки						
1937-1995	0,09	0,09	-0,07	0,29	0,25	0,88
Усть - Горельник						
1937-1995	-0,95	0,69	0,19	0,73	0,29	0,39
Большое Алматинское Озеро						
1934-1995	-0,99	0,88	0,12	0,57	0,63	1,13
Есик						
1942-1995	-0,52	0,44	0,52	1,48	-0,11	0,25
Нарынкол						
1948-1995	-1,47	1,79	0,03	0,24	-1,18	2,36
Капшагай						
1934-1995	-0,02	0,57	0,03	0,58	-0,03	0,37
Анархай						
1947-1995	-1,65	2,55	0,02	0,07	-0,80	2,40
Баканас						
1935-1995	0,27	0,64	-0,02	0,21	0,27	0,64

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что количество осадков на рассматриваемой территории за многолетний период в целом не изменилось. Только по ряду рассмотренных станций, расположенных преимущественно в горной и предгорной зонах области обнаружены статистически достоверные тенденции в изменении режима атмосферных осадков. Автор склонен рассматривать их как результат действия преимущественно местных факторов, связанных с месторасположением станций. Так, в частности, увеличение осадков в зимний период года на станции Алматы, ОГМС, объясняется, по - видимому, влиянием большого количества выбросов от различных источников, расположенных в районе Алматы, что ведет к увеличению атмосферного аэрозоля и, в конечном итоге, способствует возрастанию количества осадков.

Таким образом, изученные длиннопериодные тенденции в выпадении осадков вряд ли могут существенно повлиять на уровень загрязнения атмосферы на большей части территории области. Однако, изменения в режиме осадков за более короткие интервалы времени, надо полагать, играют более существенную роль в процессах очищения воздушного бассейна, о чем свидетельствуют некоторые данные, полученные нами ранее в [5, 6], а также данные других авторов.

В целях изучения связей между изменениями уровня загрязнения атмосферы, выявленными в работе [5] и тенденциями в выпадении осадков на территории Алматинской области нами была предпринята попытка сопоставления данных этих исследований. В этом случае для оценки временных рядов по осадкам применялся метод скользящих средних, основанный на представлении ряда в виде суммы достаточно гладкого тренда и случайной компоненты, типа "белый шум". В основе данного приема лежит идея локального приближения тренда полиномом не очень высокой степени - порядка второй или третьей. Использование этого метода позволяет сгладить временной ряд, устранить в нем случайные колебания и дает возможность провести анализ в определенных временных интервалах, в том числе и за сравни-

тельно короткие - 5 - 10 лет. На рис. 4 представлен многолетний ход сумм осадков за холодный период на станции Алматы, ОГМС и трендовые составляющие, выделенные разными способами.

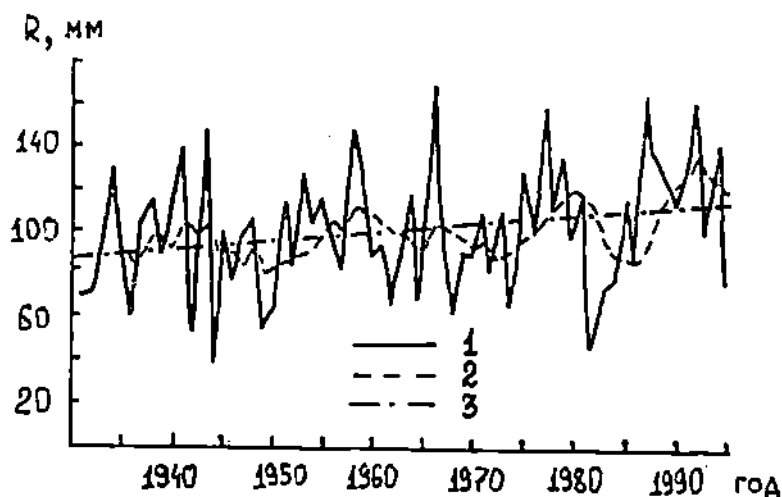


Рис. 4. Многолетний ход фактических значений (1), скользящих шестилетних средних (2) и линейный тренд (3) сумм осадков (R , мм) по данным за зимний период на станции Алматы, ОГМС

Анализ скользящей средней (2) показывает, что тенденция в изменении количества осадков имела положительный знак до 1947 г., а также в периоды 1950 - 1957 гг., 1972 - 1980 гг. и 1986 - 1992 гг. В остальное время прослеживались отрицательные тенденции. В настоящее время максимум зимних сумм осадков уже пройден и после 1992 г. начинает проявляться довольно четкая тенденция к их уменьшению. Это указывает на возможное ухудшение и без того низкой в это время года способности атмосферы удалять накапливающиеся в ней вредные примеси.

Этим же методом были оценены временные ряды по осадкам за теплый период и в целом за год. Для нас особый интерес в многолетнем ряду наблюдений представляют данные за последние 6 лет, изменение

осадков в которые можно сопоставить с уже изученными тенденциями в уровне загрязнения атмосферы. Так, выявленный рост количества выпадающих осадков на станции Алматы, ОГМС за летний период, прослеживаемый в ряду наблюдений еще с 1986 г. и продолжающийся в настоящее время, по всей видимости, повлиял на некоторое снижение уровня загрязненности атмосферы, наблюдающееся сейчас в Алматы, о чем свидетельствуют данные уменьшения значений индекса загрязненности атмосферы (ИЗА), рассмотренные нами в [5]. С другой стороны, выяснено, что в целом за год по рассматриваемой станции количество осадков в последние годы уменьшается, что может ухудшить способность атмосферы к самоочищению.

Результаты анализа изменения режима осадков на станции Капшагай методом скользящих средних показали, что в период после 1990 г. в летний сезон прослеживается положительная тенденция в рядах сумм осадков, а с декабря по февраль - их количество уменьшается. В целом за год это обуславливает стабилизацию режима осадков - нулевую тенденцию. В этих условиях отмеченные в работе [5] тенденции возрастания значений годовых концентраций основных примесей, загрязняющих воздушный бассейн города, вполне объяснимы: отсутствие заметных и статистически значимых изменений в выпадении осадков за год, а также их уменьшение зимой при возрастании выбросов способствует общему подъему уровня загрязнения атмосферы.

Аналогичный анализ временных рядов по осадкам с применением метода скользящих средних был проведен и по остальным станциям Алматинской области. Некоторые результаты, этого исследования представлены в табл. 2. Из данных таблицы видно, что изменения режима осадков за последние 6 лет, фиксируемые на разных метеостанциях, довольно хорошо согласуются между собой. Практически на всей территории области отчетливо выделяется тренд после 1990 г., сохраняющий свой знак и в наши дни. Причем, на метеостанциях, расположенных в равнинной части области, а также в высокогорьях происходит снижение годовых сумм осадков, лишь на

станциях Каменское Плато, Нарынкол и Большое Алматинское Озеро, находящихся в предгорной и горной зонах, прослеживается рост их количества. Кроме этого, фиксируется повсеместное уменьшение зимних осадков.

Таблица 2

Оценка знака тенденций сумм осадков за год, зимний и летний периоды по данным последних 6 лет на станциях Алматинской области

Станция	Период		
	Г о д	Зимний	Летний
Баканас	-	-	-
Анархай	-	-	-
Капшагай	0	-	+
Нарынкол	+	-	+
Есик	-	-	-
Усть-Горельник	-	-	+
Большое Алматинское Озеро	+	-	+
Мынжилки	-	-	+
Каменское Плато	+	-	+
Алматы, ОГМС	-	-	+

Необходимо также отметить, что практически на всей территории области в последнее время происходит увеличение количества осадков в летнее время года. Так, на всех рассмотренных метеостанциях горных и предгорных районов, за исключением Есик, прослеживается их рост с июня по август. Очевидно, что данная тенденция является несомненно одной из положительных черт в изменении климата, так как способствует улучшению способности атмосферы к самоочищению и, надо думать, оказывает положительное влияние на состояние воздушного бассейна в летний период на территории южной части Алматинской области, наиболее подверженной

влиянию хозяйственной деятельности человека.

В северных районах области прослеживающееся за последние 6 лет уменьшение количества осадков как по сезонам, так и в целом за год (станции Баканас и Анархай), по-нашему мнению, может со временем ослабить и без того низкую эффективность процесса вымывания вредных примесей из атмосферы осадками на этой территории.

Значит, можно ожидать, что на ближайшие годы в южной части области складываются более благоприятные климатические условия, оказывающие влияние на уровень содержания в атмосфере вредных примесей, чем в северных ее районах. Однако, атмосферные осадки подвержены циклическим колебаниям, поэтому окончательный вывод о благополучности изменения режима увлажнения на данной территории для процессов очищения природной среды на ближайшую перспективу можно сделать с учетом того в какой стадии цикла находятся анализируемые годы, что явится предметом дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропогенные изменения климата / И.И. Борзенкова, М.И. Будыко, Э.К. Бютнер и др. - Л.: Гидрометеоздат, 1987. - 406 с.
2. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. - Л.: Гидрометеоздат, 1980. - 184 с.
3. Безуглая Э.Ю. Особенности загрязнения воздуха городов и роль метеорологических факторов // Проблемы контроля и обеспечения чистоты атмосферы. - Л., Гидрометеоздат, 1975.- С. 14 -20.
4. Безуглая Э.Ю., Сонькин Л.Р. Влияние метеорологических условий на загрязнение воздуха в городах Советского Союза // Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы. - Л., Гидрометеоздат, 1971. - С. 241 - 252.
5. Бейсенова А.С., Белый А.В. Об уровне и тенденциях загрязнения воздуха городов Алматы и Капшагай // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 1. - С. 135 - 153.

6. Белый А.В. О тенденциях изменения континентальности климата Алматинской области // Гидрометеорология и экология. - 1995. - N 2. - С.101-112.
7. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. - Л.: Гидрометеоздат, 1980. - 351 с.
8. Загрязнение воздуха и жизнь растений / Под ред. М. Трешоу. - Л.: Гидрометеоздат, 1988. - 535 с.
9. Марквард В., Иле П. Зависимость выпадений диоксида серы и сульфатов на подстилающую поверхность от метеорологических условий, параметров выброса и расстояния до источника выброса // Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы. - Л., Гидрометеоздат, 1988. - С. 54 - 61.
10. Махонько К.П. Элементарные теоретические представления о вымывании примесей осадками из атмосферы // Тр. ИПГ. - 1967. - Вып. 8. - С. 26 - 35.
11. Селезнева Е.С., Петренчук О.П. Об удалении примесей из атмосферы облаками и осадками // Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы. - Л., Гидрометеоздат, 1971. - С. 253 - 259.
12. Сонькин Л.Р. Некоторые возможности прогноза содержания примесей в городском воздухе // Тр. ГГО. - 1971. - Вып. 254. - С. 121 - 132.
13. Crossley A., Wilson D., Milne R. Pollution in the upland environment // Environ. Pollut. - 1992. - Vol. 75, N 1. - P. 81 - 87.
14. Inglis D., Cihoularton T., Wicks A. Orographic enhancement of wet deposition in the UK: case studies and modelling // Water, Air and Soil Pollut. - 1995. - Vol. 85, N 4. - P. 2119 - 2124.
15. Smith B. Production and deposition of airborne pollution // Air Pollut., Acad. Rain and Environ. - London; New York, 1988. - P. 1 - 12.

Алматинский Государственный
Университет им. Абая

АЛМАТЫ ОБЛЫСЫНДА АТМОСФЕРАНЫҢ ТАЗАЛАУ ПРОЦЕСІНДЕГІ ЫЛҒАҢДАҢДЫРУ ТӘРТІБІНІҢ МАҢЫЗЫ МЕН БАҒЫТЫ ТУРАЛЫ

А.В.Бельй

Ауа ақабындағы әртүрлі қоспалар қоялануына атмосфералық жауын-шашын өзгешелігінің әсері талданған. Жауын-шашын мөлшерін тікелей трендтер және жылжымалы орта мөндер бойынша сәйкестендіру арқылы облыс жерінде ылғалдану тәртібінің өзгеруі зерттелінді. Ауаны тазарту процессіндегі жауын-шашынның өзгеру тәртібі әсерлеріне қорытындылар жасалынды.

УДК 504.53.062.4

**О НЕФТЕХИМИЧЕСКОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВ И ИХ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ**

Доктор биол. наук

К.Ш.Фаизов

Канд. с.-х. наук

И.К.Асанбаев

Рассмотрено влияние нефтезагрязнения на генетические свойства почв, их экологические последствия, а также вопросы реабилитации загрязненных почв с использованием углероддиоксида микрорганизмов.

В Казахстане ежегодно добывается 20-25 млн тонн нефти, из них свыше 90 % в пустынных регионах Атырауской и Мангистауской областей. Здесь разведаны, подготовлены к эксплуатации и действуют 160 нефтегазовых месторождений с фондом нефтяных, нагнетательных и вспомогательных скважин 4000 единиц. В перспективе намечается освоение богатейших запасов нефти в шельфовой зоне Каспийского моря (3,5 млрд т) и подсолевых пермских нефтей, довести площадь нефтегазовых районов до 1,7 млн км², добычу нефти к 2010 году до 70 млн т.

Наиболее крупные запасы нефти открыты и интенсивно разрабатываются с 1930-х годов на Эмбенском (Доссоре с 1911, Макате - 1915 гг.) с 1965 - на полуострове Мангышлак (Жана Озен, Жетыбай, Каламкас и др.) и с 1979 - крупнейшем Тенгизском месторождениях. Разрабатываемая нефть отличается повышенным пластовым давлением (800-900 атм. и более), высокой концентрацией сероводорода (в Тенгизской нефти до 20 %), углекислоты, меркаптанов и др. Сероводород является сильно

ядовитым газом нефтепромыслов, присутствие которого в атмосфере в количестве до 0,1 % вызывает паралич дыхательных путей с летальным исходом живого организма. Концентрация сероводорода в районе Тенгизского нефтяного месторождения достигает 5-7 ПДК. В Мангышлакской нефти содержится большое количество парафина (20-27 %) и асфальтосмолистых веществ, застывающих при температуре 36-37 °С, что создает большие трудности при добыче и транспортировке, создавая аварийные ситуации. Парафин не токсичен, но при низких температурах кристаллизуется в прочную массу, абсорбирует смолистые вещества и асфальтены, создает в профиле почвы плотные битумные коры, пропитанные мазутом и химреагентами. Они слабо окисляются на воздухе, мало доступны микроорганизмам, поэтому в естественных условиях медленно разлагаются и долго сохраняясь в профиле почв, нарушают их экологические функции.

Исследования показывают, что почвы с битумной корой характерны для высокосмолистых нефтей и диагностируются по содержанию в групповом составе масляной фракции [9]. В Западном Казахстане имеется около 40 таких месторождений (Караарна, Каламкас, Каражамбас и др.). В групповом составе природных битумов содержится 48,3 % углеводородов (масла), 32,6 - парафинонафтенных веществ, 17,9 - смола, 33,8 - асфальтенов; элементарный состав представляют углерод более 80 %, водород - 10, кислород, сера и азот - 5. Показатель сцепления битумов достигает 80-90 % и свидетельствует о высокой прочности связи органической и минеральной составляющих нефтебитуминозных пород [9]. Поэтому почвы с битумной корой в профиле характеризуются высокой плотностью сложения, низкой пористостью, непроницаемые для воды, воздуха и корней растений, являются наиболее трудноумелиорируемыми.

Технология добычи нефти на месторождениях Западного Казахстана связана с очень сложными условиями солеотложения в призабойной зоне и коммуникациях, парафинизацией подземного и наземного

оборудования, обводнением скважин и коррозией оборудования. Это ведет к частому порыву труб, сбросу сырой нефти и высокоминерализованных пластовых вод на поверхность, загрязнению и засолению почв. Нефтехимическое загрязнение почв отмечается на площади всех действующих нефтегазовых месторождений и трассах магистрального нефтепровода. Только на предприятиях объединения "Кульсары-нефть" Атырауской области в среднем за год происходит 150-180 аварий на нефтепроводах, при этом на каждые 10 км протяженности приходится 0,5-0,8 га разливов нефти. В 1995 году на нефтепромыслах Атырауской и Мангистауской областей было розлито около 190 тыс.т нефти и замазучено 800 га почвенного покрова. Известна катастрофическими последствиями авария 1985 г. на скважине N 32 Тенгизского месторождения, когда в течении 400 суток пожара было сожжено в факеле 6 млн.т нефти, 3,3 млрд.м³ газа и 600 млн.м³ сероводорода, обезжизнены большие площади почвенно-растительного покрова.

Нефть состоит из большого количества углеводородов, высокомолекулярных нафтено-парафиновых и асфальто-смолистых веществ, которые поступая в почву ведут к трансформации и гудронизации генетического профиля (табл.1).

Загрязняющими химическими веществами нефти при этом служат оксиды углерода и азота, диоксид серы, фенол, аммиак и различные минеральные соли [10]. В сырой нефти присутствуют также канцерогенные полуциклические углеводороды (нафталаны, аценафтаны, флюорены, пирены, бензпирены и др.) [5]. Токсичные химические вещества нефти в процессе геохимической миграции в цепи почвы-растения-живые организмы нарушают генетические свойства почв, оказывают ингибирующее влияние на растения, уменьшают их общую зеленую массу, вызывают глубокие изменения в составе крови живого организма и клетках мозга, являются причиной онкологических заболеваний. Исследования показывают, что плотность живого населения в почвах нефтепро-

мыслов и вдоль трассы нефтегазопроводов в 10-12 раз ниже, чем на незагрязненных [7]. Промышленная зона всех действующих нефтепромыслов загрязнена сероводородом, меркаптанами, аммиаком, сернистым ангдридом и др. Только на объединении "Кульсарынефть" ежегодно выбрасывается в атмосферу 110 тыс. т токсичных веществ. Высокая степень загрязнения почв и атмосферного воздуха токсичными химическими веществами вызывает у населения тяжелые формы гепатита, болезней органов дыхания, туберкулеза и злокачественных опухолей.

Таблица 1

Химический состав нефтей Западного Казахстана
(анализы Н.К.Надирова и др., 1984)

Месторождение	Плотность, г/см ³	Содержание химических веществ, %		
		парафина	смолисто-лиголевых	асфальтеновых
Мартыши	0,887	1,5	2,0	0,5
Камышитовый	0,841	3,1	0,9	0,1
Забурунье	0,895	1,3	17,6	0,8
Гран	0,876	1,9	4,3	1,2
Доссор	0,847	0,8	4,5	нет
Кульсары	0,812	5,5	1,6	0,02
Косчагыл	0,890	0,6	14,0	следы
Каратон	0,880	0,1	15,0	0,1
Мунайли	0,860	1,8	36,0	1,4
Теренузьяк	0,935	0,5	21,0	0,8
Тенгиз	0,817	2,2	4,0	-
Каламкас	0,899	2,1	19,7	1,7
Жетыбай	0,847	20,7	10,9	0,6
Узень	0,866	20,4	20,5	0,6
Асар	0,875	19,7	19,7	1,0
Карамандыбас	-	13,9	21,2	2,6

Продолжение таблицы 1

Месторожде- ние	Плотность, г/см ³	Содержание химических веществ, %		
		парафи- на	смоле- ликоге- левых	асфаль- товых
Бурмаша	-	21,9	9,2	0,6
Северные				
Бузачи	0,838	15,2	5,2	1,8
Бузачи	0,939	1,8	-	-

Преобладающие почвы территории нефтегазодобывающих регионов Атырауской и Мангистауской областей бурые и серо-бурые пустынные [12]. Они формируются в условиях резко континентального засушливого климата, где средняя годовая температура воздуха равна 8-10 °С, сумма эффективных температур выше 10-4000 °С, количество осадков не превышает 150-180 мм. Почвы малобуферные к антропогенным нагрузкам и нефтехимическому загрязнению, содержат наибольшее количество органического вещества (0,5-1,5 %) фульвокислотного состава (Сгк:Сфк 0,5-0,7), карбонатные, засолены растворимыми солями, обладают низкой емкостью поглощения (5-10 мг/экв). Широко распространены неустойчивые к техногенным нагрузкам почвы песчаного, супесчаного и легкосуглинистого состава, несущая способность которых не превышает 1,5 кг/см². Наши исследования показали, что общая площадь антропогенно нарушенных почв в Атырауской и Мангистауской областях превышает 7,0 млн га, в том числе нефтезагрязненных - около 160 тыс.

Глубина нефтехимического загрязнения почв изменяется от 22 до 82 см и достигает на старейших промыслах (Доссор, Макат, Искине и др.) - 5-10 м. В результате загрязнения и деформации тяжелой промышленной техникой изменяется естественный морфологический профиль почв, генетические

горизонты преобразуются, пропитанный сырой нефтью слой приобретает коричнево-бурую и смолисто-черную окраску, становится вязкой, липкой и выворачивается глыбами. После испарения легкой фракции, оставшиеся в профиле тяжелые, богатые маслами фракции, склеивают механические элементы в плотную массу, затрудняя аэрацию и водопроницаемость. Формируются специфические техногенные почвы с существенно иными генетическими свойствами. В них изменяется содержание и состав гумуса, количество азота, фосфора и микроэлементов, возрастает объемная масса, снижается порозность и доступная растениям влага. Создаются крайне неблагоприятные эдафические условия для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, нарушается интенсивность окислительно-восстановительных и ферментативных процессов, существенно снижается потенциал инвертазной и дегидрогеназной активности [2, 11, 14]. В местах аварийного сжигания нефти и газа генетические горизонты почв обугливаются, спекаются и становятся биологически безжизненными.

Эколого-геохимические последствия загрязнения почв нефтью находятся в прямой связи с их количественно-качественным составом, физико-механическими свойствами и токсичностью компонентов, которые сильно отличаются в нефтях различных месторождений и усиливаются чрезмерной техногенной нагрузкой. Данные химических анализов устанавливают, что загрязнение почв сырой нефтью ведет к закреплению в них органического углерода и повышению содержания гумуса, азота, состава и суммы поглощенных оснований, увеличению степени засоления до уровня солончаковых почв и соланчаков (табл.2). В почвах в 1,5-2,0 раза снижается содержание нитратного азота и рН почвенного раствора (7,4-8,1), возрастает количество углекислоты карбонатов (CO_2 1,6-10,0 %). Результаты определения в почвах валовых и подвижных форм микроэлементов показали, что содержание большинства изученных металлов находится в почвах ниже значений их кларков в земной коре [6] и пороговых концент-

Таблица 2

Химические и физико-химические свойства нефтегазразличенных почв

Почва, месторождение	Глубина образца, см	Гумус, %	СО ₂ , %	рН водной суспензии	Поглощенные основания мг-экв		
					Са	Мг	Na
Бурная пустынная, Искине	0 - 7	7,5	1,5	7,9	3,0	8,0	2,6
	10 - 20	7,1	1,5	7,8	2,5	5,5	3,6
	24 - 34	3,1	2,6	7,8	4,0	5,5	4,0
Луговая приморская, Досмухамедовское	40 - 50	0,6	3,3	7,4	-	4,5	2,8
	0 - 5	6,3	8,3	7,4	13,0	8,5	1,5
	5 - 12	6,8	7,6	7,6	-	8,5	2,4
Лугово-болотная, при-морская, Актобе	18 - 28	8,8	10,0	7,7	12,5	14,0	6,2
	50 - 60	1,2	8,3	7,7	5,0	7,0	1,4
	0 - 5	10,4	8,8	7,4	30,5	10,5	3,4
Солончак приморский, Теренгузак	5 - 15	13,6	8,6	7,4	31,5	11,0	5,3
	30 - 40	3,9	9,5	7,8	-	13,5	11,1
	0 - 18	3,3	1,6	7,9	13,5	2,5	8,2
Солонец пустынный, Колкаар	18 - 42	2,9	0,3	8,1	10,0	1,0	12,6
	42 - 72	1,0	1,7	7,9	8,8	0,5	10,4
	0 - 10	6,7	2,8	7,9	3,0	2,5	6,6
	20 - 30	8,1	3,5	7,9	10,0	2,0	5,5
	50 - 60	5,9	2,6	7,9	8,8	2,5	6,0

раций для сельскохозяйственных растений. Отмечается повышенное содержание свинца, выше значений ПДК, местами молибдена, кобальта и стронция. Данные анализы водных вытяжек выявляют преимущественно хлоридно-сульфатно-содовый тип засоления почв, связанный с содержанием в сырой нефти сильно минерализованных пластовых вод хлор-кальциевого (магниево-натриевого) состава (сумма солей 100-300 г/л). Объемная масса загрязненных почв колеблется на уровне 1,3-1,6 г/см³, порозность - 38-45 %.

Реабилитация нефтезагрязненных почв находится в прямой связи и зависимости от климата, механического состава, обеспеченности гумусом и элементами минерального питания растений, аэрации и увлажнения, стимулирующих жизнедеятельность углеродоокисляющих микроорганизмов. В засушливых условиях климата очищение почв от нефтезагрязнения протекает очень медленно, что связано с их низким естественным плодородием и засолением. Основную роль в утилизации нефти в почвах выполняют углеродоокисляющие микроорганизмы и процессы химического окисления. Разнообразие ферментативных систем, быстрая адаптация к изменяющимся условиям среды делают микроорганизмы способными возвращать в биологические циклы в безвредной форме продукты углеводородной трансформации, что определяет их ведущую роль в процессах очищения нефтезагрязненных почв. Исследования показывают, что в нефтезагрязненных почвах региона количество углеродоокисляющих микроорганизмов составляет 102-107 против 103-104 - в незагрязненных почвах [1, 4]. Активизация углеродоокисляющих микробиологических процессов почвы с помощью выведения новых штаммов микробов-деструкторов нефти на фоне оптимального увлажнения, аэрации и внесения удобрений будет способствовать интенсивному разложению нефтепродуктов в почве до полного их окисления и минерализации. Мировой опыт свидетельствует о высокой эффективности микробной очистки нефтезагрязненных почв. Известные фирмы "Оксидентал кемикл" (США),

"Байотритмент" (Англия), "Биодетокс" (ФРГ) и др. успешно используют приемы микробной биотехнологии для очистки нефтезагрязненных почв. Отечественными микробиологами в настоящее время изучены, выделены и рекомендованы для широкого практического использования штаммы микробов-деструкторов углеводородного сырья, способные эффективно утилизировать сырую нефть (на 94-98 %), бензин и дизельное топливо [1, 3, 4, 8]. Созданный ими микробный препарат "Мунайбак" для очистки воды и почвы способен утилизировать нефть на 31-36 % [13]. В полевых опытах по биорекультивации нефтезагрязненных почв получены обнадеживающие результаты [11].

Таким образом, внедрение в практику комплекса мер по очистке нефтезагрязненных почв позволит реабилитировать площади нарушенных почв региона, поможет оздоровить экологическую обстановку и восстановить производительность утерянного почвенного покрова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев Р.М., Шилова Н.Е., Файзуллина Э.Р. Микробиологическое окисление дизельного топлива, бензина, керосина // Изв. НАН РК. Серия биол. - 1994. - № 1. - С. 51-55.
2. Антоненко А.М., Зонина О.В. Влияние нефти на ферментативную активность аллювиальных почв Западной Сибири // Почвоведение. - 1992. - № 1. - С. 38-43.
3. Асанбаев И.К., Ауэзова А.Н., Фаизов К.Ш. Нефтехимическое загрязнение почв Западного Казахстана и перспективы их очистки // Изв. НАН РК. Серия биол. - 1995. - № 6. - С. 3-8.
4. Ахмедов В.А., Бахшиева Ч.Т. О канцерогенности нефтезагрязненных почв Апшеронского полуострова // Экология и охрана почв засушливых территорий Казахстана. - Алматы: Наука. 1991. - 94 с.
5. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных металлов в почвах. - М.: 1950. - 220 с.

6. Деструкционная способность углеродоксилящих микроорганизмов выделенных из оз. Балхаш / О.Н. Ауэзова, Т.П. Недоводиева, Т.А. Петрова, Р.М. Алиев // Изв. НАН КазССР. Серия биол. - 1991. - № 6. - С. 47-51.
7. Досжанов Т.Н., Брагин Б.И. Проблемы экологии животного мира Казахстана // Изв. НАН РК. Серия биол. - 1994. - № 1. - С. 3-8.
8. Квасников Е.И., Ключникова Т.М. Микроорганизмы - деструкторы нефти в водных бассейнах // Киев: 1981. - 132 с.
9. Микробиологическое окисление нефти и нефтепродуктов углеродоксиляющими бактериями, входящими в состав "Мунайбак" / Э.Р. Файзуллина, Н.К. Шилова, Р.М. Алиев, Л.А. Бирюкова // Изв. НАН Республика Казахстан. - Серия биол. - 1995. - № 5. - С. 64-68.
10. Нефтебитуминозные породы Казахстана: проблемы и перспективы / Н.К. Надиров, А.Е. Браун, М.С. Трохименко, Г.Мусаев, В.Я. Стрельниковская // Алматы: Наука, - 1985. - 376 с.
11. Пиковский Ю.И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. - М., Наука, 1988. - С. 7-12.
12. Тазабекова Е.Т. Ферментативная активность почв Республики Казахстан // Автореф. докт. дисс., Алматы, 1995. - 38 с.
13. Фаизов К.Ш. Почвы Гурьевской области // Алматы: Наука, 1970. - 350 с.
14. Хазиев Ф.Т., Фатхиев Ф.Ф. Изменение биохимических процессов при нефтезагрязнении и активации разложения нефти // Агрохимия. - 1981. - № 10. - С. 102-113.

Институт почвоведения МН-АН Республики
Казахстан им. У.У. Успанова

ТОПЫРАҚТАРДЫҢ МҰНАЙХИМИЯЛЫҚ ЛАСТАНУЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ӘСЕРЛЕРІ ТУРАЛЫ

Биол. ф. докт. К.Ш. Фаизов
Ауыл-ш. ф. канд. И.К. Асанбаев

Топырақтың генетикалық қасиеттеріне мұнайхимиялық ластануының әсері, оның экологиялық өзгерістері қаралынды, сонымен қатар көмірқышқылдататын микроорганизмдерді пайдалану бойынша ластанған топырақты жаңадан қайтару сұрақтары қарастырылды.

**РЕГИОНАЛЬНЫЙ СЕМИНАР ГОСУДАРСТВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ
ПО ПОДГОТОВКЕ ПЕРВОНАЧАЛЬНЫХ СООБЩЕНИЙ СТРАН,
НЕ ВОШЕДШИХ В ПРИЛОЖЕНИЕ 1, И ОБЗОРУ ВЫПОЛНЕНИЯ
КОНВЕНЦИИ ОБ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА**

12 и 13 ноября 1996 г. в Ташкенте состоялся Региональный семинар государств Центральной Азии по подготовке первоначальных сообщений стран, не вошедших в Приложение I Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК), и обзору ее выполнения. По приглашению Главгидромета Республики Узбекистан в его работе принимала участие делегация Республики Казахстан в следующем составе: Черная О.В. - заместитель начальника Казгидромета (глава делегации); Пилифосова О.В. - заведующая лабораторией климата Казахского научно-исследовательского института мониторинга окружающей среды и климата (КазНИИМОСК); Есеркепова И.Б. - ведущий научный сотрудник лаборатории климата КазНИИМОСК.

Семинар был организован Национальной Комиссией Республики Узбекистан по проблемам изменения климата, Секретариатом Рамочной Конвенции ООН об изменении климата, UNDP, GEF, Американской программой U.S. Country Studies, UNEP и Исполкомом Межгосударственного Совета по проблемам Аральского моря. Заседания проводились в Государственном комитете Республики Узбекистан по прогнозированию и статистике, председатель которого возглавляет Национальную Комиссию Республики Узбекистан по проблемам изменения климата. Цель семинара - ознакомить экспертов по проблемам изменения климата и лиц, принимающих решения, с состоянием дел по выполнению положений Конвенции об изменении климата в Узбекистане, Казахстане, Кыргызстане, Туркменистане и Таджикистане, общей информацией о Конвенции и обязательствах ее Сторон. В ходе семинара его участники обсудили практические действия и проблемы, связанные с выполнением междуна-

родных обязательств по Конвенции, общность задач, стоящих перед государствами Центральной Азии в вопросах разработки Национальных Кадастров источников эмиссии и стоков парниковых газов и предоставлении информации, касающейся осуществления РКИК, которая должна представляться Конференции Сторон в соответствии со Статьей 12 Конвенции.

Открывая семинар, начальник Главгидромета Республики Узбекистан д-р В.Е.Чуб проинформировал его участников о последних научных оценках изменений климата, которые уже проявляются в экологически уязвимых регионах Средней Азии с засушливым климатом и оказывают неблагоприятное влияние на природные экосистемы, экономику и население. Он также отметил, что в решении проблемы глобальных изменений климата в государствах Центральной Азии существует целый ряд трудностей, связанных с тяжелой экономической ситуацией, сложившейся в результате продолжающегося процесса перехода от административно-командной системы к рыночной экономике, отсутствия средств и недостатка специально подготовленных кадров. Поэтому выполнение обязательств по Рамочной Конвенции ООН необходимо проводить согласованно, с учетом национальных приоритетов социально-экономического развития.

С докладом о состоянии подготовки первоначального Национального Сообщения Республики Казахстан по изменению климата выступила О.В. Пилифосова. Эти работы ведутся в Казахстане с октября 1993 г. и результаты, которые должны составить основу Национального Сообщения, большей частью уже получены. Составлен национальный кадастр источников выбросов и стоков парниковых газов в Казахстане за базовый 1990 г., проведены оценки уязвимости и адаптации основных отраслей экономики и природных ресурсов к воздействию ожидаемых изменений климата и проанализированы меры по сокращению антропогенных эмиссий парниковых газов в энергетическом и неэнергетическом секторах экономики.

В Республике Узбекистан подготовлена инвентаризация парниковых газов и предстоит еще многое сделать по остальным вопросам. В Туркменистане

Рамочная Конвенция ратифицирована, но работы по подготовке Национального Сообщения пока еще не ведутся. Кыргызстан и Таджикистан РКИК пока еще не ратифицировали.

Учитывая разницу в состоянии разработки вопросов, связанных с проблемами изменений климата в государствах Центральной Азии, следует отметить, что семинар был проведен на высоком уровне и имел большое значение для понимания конечной цели Конвенции, которая заключается в том, чтобы добиться стабилизации концентрации парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы вредного антропогенного вмешательства в климатическую систему.

В работе семинара принимали участие международные эксперты, оказывающие техническую и методическую помощь развивающимся странам и странам с переходной экономикой в выполнении их обязательств по Конвенции. Участники семинара получили много полезной информации, материалы совещаний Вспомогательных органов Конвенции и Конференций ее Сторон, а также пакет документов по подготовке инвестиционных проектов для представления в Глобальный Экологический Фонд с целью получения финансовой помощи и покрытия расходов на их реализацию. Участники семинара прослушали сообщение представителя Секретариата Рамочной Конвенции Д-ра А.Пинна (Швейцария) о механизме оказания помощи странам с переходной экономикой. Д-р Д.Милхоун (США), представляющий руководство Программы U.S. Country Studies, рассказал о барьерах на пути к передаче экологически чистых технологий, направленных на сокращение эмиссий парниковых газов. Доклад о критериях финансирования проектов Глобального экологического фонда (ГЭФ) по изменению климата представил координатор ГЭФ, д-р Пак Сам Лоу. Директор Бангладешского центра передовых исследований д-р Атик Рахман сделал доклад о методологических подходах к социально-экономическим оценкам уязвимости экономики и окружающей среды к изменению климата.

В дискуссии по проблемам, связанным с осуществлением Конвенции в государствах Центральной

Азии, участвовавших в семинаре, которые не включены в Приложение I РКИК, от каждой страны выступили эксперты по изменению климата. Они обсудили ключевые вопросы организации работ по Конвенции, научных исследований и систематических наблюдений за климатом, руководящих принципов и методологии подготовки первоначальных Национальных Сообщений, необходимости широкого обмена информацией и поделились имеющимся опытом.

В заключение участники семинара приняли итоговый документ, излагающий цели и задачи по выполнению международных обязательств, вытекающих из положений Рамочной Конвенции ООН об изменении климата, и поблагодарили организаторов за финансовую поддержку и помощь в проведении семинара.

И.Б. Есеркепова

