

ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ

ВОПРОСЫ

*географии*

*экологии*

ГЕО 

№1(20)

ОКТАБРЬ-ДЕКАБРЬ 2007

АО «ЦЕНТР НАУК О ЗЕМЛЕ, МЕТАЛЛУРГИИ И ОБОГАЩЕНИЯ»  
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ

# ГЕОГРАФИЯ ЖӘНЕ ГЕОЭКОЛОГИЯ МӘСЕЛелЕРІ

---

## ВОПРОСЫ ГЕОГРАФИИ И ГЕОЭКОЛОГИИ

1(20)

ОКТАБРЬ–ДЕКАБРЬ 2007 г.

ИЗДАЕТСЯ С ОКТАБРЯ 2007 ГОДА

ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ

Главный редактор  
академик НАН РК, доктор географических наук  
**И. В. Северский**

Зам. главного редактора:  
доктор географических наук **Ж. Д. Достай**,  
доктор географических наук **Ф. Ж. Акиянова**

Редакционная коллегия:

**С. А. Абдрахманов**, доктор географических наук **В. П. Благовещенский**, доктор географических наук  
**Г. В. Гельдыева**, доктор географических наук **И. М. Мальковский**, доктор географических наук **А. Р. Медеу**,  
кандидат геолого-минералогических наук **Э. И. Нурмамбетов**, кандидат географических наук **Р. В. Плоти-**  
**хих**, кандидат географических наук **Т. Г. Токмагамбетов**, доктор технических наук **А. А. Турсунов**, кандидат  
географических наук **Р. Ю. Токмагамбетова**

Ответственный секретарь  
**Л. Ю. Абулхатаева**

Адрес редакции:  
050010, г. Алматы, ул. Пушкина, 99  
Тел. 291-81-29, факс: 291-81-02, e-mail: [ingeo@mail.kz](mailto:ingeo@mail.kz)

---

© Институт географии АО «ЦНЗМО», 2007

Свидетельство о регистрации издания № 8243-Ж от 5 апреля 2007 г.,  
выдано Министерством культуры и информации Республики Казахстан

## От редактора

Вниманию читателя предлагается научный журнал по проблемам географии и геоэкологии Казахстана. Этим журналом возобновляется серия академического издания «Вопросы географии Казахстана», прерванного по известным причинам в восьмидесятых годах прошлого века.

По решению редакционной коллегии предлагаемые научные публикации призваны отразить современные достижения географической науки в Казахстане с учетом мировых тенденций. Все поступившие статьи и информационные материалы по усмотрению редакционной коллегии будут распределены по нескольким рубрикам, среди которых обязательными являются: «Главная тема», «Тематические и региональные работы». По мере необходимости список рубрикаций может быть дополнен.

В качестве главной в настоящем журнале выделена проблема водной безопасности. По общему признанию региональных и международных экспертов проблема воды для стран Центрально-Азиатского региона является ключевой: именно с этой проблемой напрямую связаны перспективы социально-экономического развития, экологического благополучия и в известной мере региональной безопасности. Решению различных аспектов проблемы водной безопасности Казахстана и сопредельных стран Центральной Азии посвящены три первые статьи сборника. В первой из них проанализированы тенденции развития горного оледенения Центральной Азии с учетом динамики оледенения в других горно-ледниковых районах мира, рассмотрены изменения ледникового стока и предпринята попытка оценить влияние современной деградации оледенения на речной сток и водные ресурсы в обозримом будущем.

В разделе «Тематические и региональные работы» помещены 10 статей, содержание которых отражает результаты исследований сотрудников Института географии по проблемам ландшафтоведения, социально-экономической географии, геоэкологии, геоморфологии, динамики лавинной деятельности, оценки рекреационных ресурсов, характеристике современных изменений оледенения Центральной Азии и вопросам изучения и картографирования процессов рельефообразования в горных районах Казахстана.

Не сомневаюсь, что содержание предлагаемого журнала будет с интересом воспринято не только научным сообществом и студентами вузов соответствующего профиля, но и всеми, кому не безразличны проблемы современного состояния и перспективы развития географической науки стран Центрально-Азиатского региона.



# Главная тема: проблема водной безопасности

В. М. КОТЛЯКОВ, И. В. СЕВЕРСКИЙ

## ОЛЕДЕНЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

*Мақалада Орталық Азия елдерінің су және су қауіпсіздігінің проблемалары, климаттың өзгеруіне реакция есебінде мұзбасудың қазіргі және олардың болжамдық өзгерістері мен ағынға және су ресурстарына әсері қаралған.*

*Рассмотрены проблемы воды и водной безопасности стран Центральной Азии, современные и прогнозные изменения оледенения как реакции на изменение климата и их влияние на сток и водные ресурсы в обозримом будущем.*

*Problems of water and water safety of the Central Asian countries, modern and prognoses changes of glaciation as reactions on climate change and their impact on a runoff and water resources in the foreseeable future are considered.*

Две масштабные проблемы представляют особый приоритет для стран Центральной Азии. Это проблемы воды и возможных последствий глобального потепления климата.

Прогнозные оценки климатических изменений и его вероятных последствий для состояния окружающей среды, населения и экономики настолько неутешительны, что оценка современных и прогнозных изменений климата стала одной из наиболее приоритетных проблем современного мира. Еще более актуальной проблемой, от решения которой зависит благополучие подавляющей части населения мира и возможности устойчивого развития экономики, является нарастающий дефицит воды.

Проблема водной безопасности в течение последних десятилетий является одной из основополагающих в системе проблем устойчивого развития подавляющего большинства стран мира. Относительно благоприятная ситуация с водообеспечением населения и экономики мира в начале 50-х годов прошлого века [1] стремительно ухудшалась в течение последующих десятилетий. Уже в 60–70-х годах прошлого века исследования по программам «Международный геофизический год – МГГ» (1957–1958 гг.) и «Международная гидрологическая декада – МГД» (1965–1974 гг.) выявили весьма неблагоприятные тенденции развития водного сектора экономики и изменения возможностей водообеспечения насе-

ления и хозяйств практически на всех континентах. С тех пор внимание ученых и международного сообщества к проблеме воды быстро возрастало. В последнее десятилетие одновременно проводились исследования более чем по 50 международным программам, прямо либо косвенно нацеленных на решение проблем водной безопасности. Среди них такие масштабные программы, как:

“International Hydrological Programme” IHP [2], “The Man and Biosphere”(MAB) [3] и “World Water Assessment Programme”(WWAP) - UNESCO;

“Water, Environment and Sanitation Programme (WES) и другие международные программы UNICEF [4–6];

“Global International Waters Assessment”(GIWA) [7] и другие международные программы UNDP [8–10];

международные программы UNEP “Global Environment Monitoring System, Freshwater Quality Programme (GEMS/WATER) [11] и FAO “Water resources, development and management for agriculture [12, 13] и “Integrated Land and Water management” [14];

Международные программы Всемирного банка WB “Water Resources Management [15] и “Water supply and sanitation” [16];

международные программы Всемирной организации здоровья WHO “Water, Sanitation and Health Programme”(WSH) [17];

международные программы Всемирной метеорологической организации WMO "Hydrology and Water Resources Programme" (HWR) [18].

Такое внимание к проблеме воды не случайно и продиктовано тем, что уже сейчас:

1. Около 80 стран мира, представляющих 40% мирового населения, испытывают серьезные проблемы, связанные с сокращением водных ресурсов. Условия могут ухудшиться в предстоящие 50 лет вследствие роста населения, глобального потепления и изменения сумм атмосферных осадков [19].

2. Неприемлемая часть населения мира – каждый пятый – не имеет адекватного доступа к питьевой воде и половина мирового населения не имеет доступа к системам централизованного водоснабжения и канализации [19–21]. В Азии 700 млн чел., представляющих почти половину населения, не имеют адекватного водоснабжения и 180 млн чел. – адекватной санитарии [22, 23].

По оценкам группы международных экспертов, дефицит пресной воды быстро увеличивается по мере развития населения и хозяйств: между 1900 и 1995 гг. водопотребление возросло в 6–7 раз, что вдвое превысило темпы роста населения Земли. В 1995 г. суммарный водозабор в мире составлял 3750 км<sup>3</sup>/год, водопотребление – 2280 км<sup>3</sup>/год. С учетом перспектив развития экономики, роста населения и климатических изменений отъем воды к 2025 г. по разным оценкам может составить 4600–7000 км<sup>3</sup>/год. Ожидается также, что использование воды к 2025 г. увеличится на 15–35% в развитых странах и на 200–300% в развивающихся [1], а достижение «Целей тысячелетия» по обеспечению населения питьевой водой будет представлять главные расходы во всех странах и составят от 10 до 30 млрд. \$ США в год [24, 25].

Подавляющая часть территории стран Центральной Азии расположена в аридной зоне, главная особенность которой – дефицит пресной воды. Уже сейчас большая часть территории умеренных широт Северного полушария, в том числе территории Казахстана и сопредельных стран Центральной Азии, характеризуется состоянием сильнейшего водного стресса: доля использования водных ресурсов превысила здесь 40% и продолжает быстро увеличиваться. По тем же оценкам, результатом нарастающего дефицита воды «может стать серия местных и региональ-

ных катастроф и столкновений, ведущих к кризису глобального масштаба» [26].

В последние 20 лет появилось большое количество научных публикаций, авторы которых высказывают все более серьезные опасения значительного сокращения водных ресурсов аридных районов мира как реакцию на глобальное потепление климата. Одним из аргументов в обоснование подобных прогнозов является неоспоримый факт продолжающейся деградации горного оледенения: только с 1956 по 1990 г. ледниковые ресурсы Казахстана и сопредельных стран Центральной Азии сократились более чем на треть и продолжают сокращаться со средней интенсивностью около 0,6–0,8% в год по площади оледенения и около 1% в год по объему льда [27, 28]. При сохранении выявленных тенденций в будущем, по оценкам гляциологов, оледенение гор Казахстана практически исчезнет уже к концу текущего столетия [29]. Это реально может вызвать необходимость коренного пересмотра всей системы водопотребления в странах региона, поскольку на выходе рек из гор (зоны формирования стока) талые ледниковые воды составляют до 25% годового стока главных рек региона и до 50% стока за вегетационный период. Так, ледниковый сток равен 40–50% суммарного стока в бассейнах р. Тарим и оз. Балкаш [30]. В целом для Тянь-Шаня эти соотношения составляют 20 и 35% соответственно [31–34].

В условиях Центральной Азии проблема оценки современных и прогнозных изменений оледенения имеет принципиальное значение по двум причинам. Во-первых, ледники являются яркими индикаторами реакции природной среды на изменения климата: повышения средней годовой температуры с интенсивностью менее 1,0°C за столетие оказалось достаточно, чтобы оледенение гор Средней Азии и Казахстана сократилось более чем на треть.

Не менее важно оценить, как современная деградация оледенения скажется на характеристиках речного стока и водных ресурсах. В условиях Центральной Азии, где темпы роста населения велики, а проблема водообеспечения населения и хозяйства особенно остра, это одна из наиболее приоритетных задач.

С учетом названных приоритетов, помимо исследований динамики оледенения, специального рассмотрения заслуживают вопросы современных



и прогнозных изменений климата и основные аспекты проблемы воды в регионе.

**Проблемы воды и водной безопасности.** Рациональное использование водных ресурсов – одна из главных составляющих современной стратегии природопользования и устойчивого развития на национальном уровне, а проблемы совместного использования водных ресурсов трансграничных бассейнов все чаще становятся причиной возникновения конфликтных ситуаций и предметом все более сложных межгосударственных переговоров.

Страны Центральной Азии в этом отношении – не исключение. Напротив, за последние десятилетия ситуация с водообеспечением населения и хозяйства здесь значительно обострилась [35]. Уже сейчас экономика стран региона развивается в условиях нарастающего дефицита водных ресурсов [34–36].

Около 40 % территории пяти стран СНГ – Казахстана, Узбекистана, Кыргызстана, Туркменистана и Таджикистана – принадлежит бассейнам двух бессточных водоемов – Аральского моря и озера Балкаш. Здесь проживает около 80 % населения и сосредоточена подавляющая часть орошаемых земель названных стран. Не случайно именно здесь проблема воды наиболее остра [26, 36, 37]. Наиболее жесткая ситуация характерна для Туркменистана и Узбекистана, хозяйства которых на 80–90 % зависят от водных ресурсов, поступающих по трансграничным рекам с территории соседних государств. При этом в Узбекистане уже сейчас на каждого жителя приходится менее 2,5 тыс. м<sup>3</sup> воды в год. Напомним, что доступность воды менее чем 2 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год считается очень низкой, а менее 1 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год – катастрофически низкой [19, 35].

Сложность решения проблем совместного управления водными ресурсами трансграничных бассейнов наиболее ярко проявилась в бассейне Аральского моря, где тесно переплелись жизненно важные интересы Казахстана, Кыргызстана, Узбекистана, Таджикистана, Туркмении и Афганистана и отчасти Ирана. Согласно оценкам специалистов стран региона и международных экспертов [35, 37], проблема управления водными ресурсами является здесь ключевой в решении всего комплекса проблем устойчивого развития. Несмотря на усилия правительств стран региона и международного сообщества, ситуация с водообеспечением населения и хозяйств стран

Центральной Азии остается напряженной и имеет явные тенденции к обострению [35]. Причины этого достаточно очевидны. Определяющими среди них являются:

трансграничный характер главных водосборных бассейнов региона, вследствие чего решение проблемы рационального использования водных ресурсов немислимо без межгосударственных согласований;

несовершенство системы управления водными ресурсами трансграничных бассейнов, основанной на принципах централизованного регулирования, сложившихся в советский период;

низкая эффективность оросительных каналов и ограниченные материально-технические возможности стран региона, не позволяющие на данном этапе осуществить необходимую масштабную реконструкцию ирригационных систем, большая часть которых нуждается в капитальном ремонте либо разрушена;

низкий уровень доходов крестьянских хозяйств и сельскохозяйственных кооперативов, практически исключающий возможность масштабного внедрения современных водосберегающих технологий использования воды в орошаемом земледелии.

Ситуация ухудшена региональными проблемами, среди которых наиболее важными являются [35]:

недостаток ясно сформулированных водных стратегий в странах региона и взаимоприемлемой законодательной основы для межгосударственного использования трансграничных водных ресурсов;

отсутствие взаимоприемлемых критериев межгосударственного вододелиения.

Суммарные ресурсы поверхностного стока в бассейне Аральского моря в средний по водности год составляют не более 148,5 км<sup>3</sup>/год, из которых 116,5 км<sup>3</sup> приходится на естественный речной сток и около 32,0–33,0 км<sup>3</sup>/год – на возвратные воды. С учетом непродуктивных потерь воды, в зависимости от их величины, в средней по водности год эти ресурсы не превышают 125,0–133,0 км<sup>3</sup> [35].

Ресурсы естественного стока в бассейне Аральского моря исчерпаны полностью и хозяйства региона развиваются в условиях нарастающего дефицита воды. Уже сейчас суммарное их использование составляет 130–150 % в бассейне р. Сырдарии и 100–110 % в бассейне р. Амударии

[35, 38]. Более 90 % региональных водных ресурсов используется в орошаемой земледелии. В этих условиях все более очевидно, что управление водными ресурсами становится здесь жизненно важной проблемой, от решения которой зависит не только возможности устойчивого экологически сбалансированного развития региона, но и вопросы национальной и региональной безопасности.

Едва ли лучше ситуация в Балкаш-Алакольском бассейне. Негативные процессы, характерные для Аральского бассейна, в той или иной мере представлены и здесь. Несмотря на достигнутые договоренности между Казахстаном и Китаем, с учетом стремительного роста населения приграничных районов Китая и известных планов использования водно-энергетических ресурсов в китайской части бассейна р. Иле [39, 40], перспектива значительного сокращения стока р. Иле с китайской территории представляется неизбежной. Соответственно все более высокой становится вероятность развития ситуации в Иле-Балкашском бассейне по аральскому сценарию.

Не менее остра проблема воды и в Западном Китае – Синьцзян-Уйгурском автономном округе. Суммарные ресурсы речного стока Синьцзяна в средний по водности год составляют 88,5 км<sup>3</sup>/год. Из них 52,5 % формируется в горах Тянь-Шаня, 29,4 % – в Куньлуне, 29,4 % – в горах Алтая и Жетысуского (Джунгарского) Алатау. Эти ресурсы практически поровну поделены между Южным и Северным Синьцзяном. С учетом речных вод, поступающих с территории соседних государств, суммарные ресурсы естественного стока Северного Синьцзяна, в пределах которого формируется сток рек Иле и Ертис, оцениваются в 43,9 км<sup>3</sup>/год. Из них 22,1 км<sup>3</sup>/год по рекам Ертис (Иртыш), Иле (Или), Эмель поступают в Казахстан, поэтому реальные ресурсы речного стока Северного Синьцзяна составляют лишь 21,8 км<sup>3</sup>/год [40].

Как и в Средней Азии, подавляющая часть стока Синьцзяна (до 70 %) формируется за счет талых вод снежного покрова и ледников и до 75 % годового объема стока приходится на период с июня по август. Как и в странах Аральского бассейна, ресурсы естественного стока использованы здесь полностью: из общего объема стока уже в 1991 г. использовалось 84%. Оставшиеся 16 % – это, по сути, неприкосновенный запас, необходимый для поддержания экосистем поймен-

ных лесов в нижнем течении рек и сдерживания все более интенсивных процессов опустынивания. Уже в 1993 г. на долю сельскохозяйственного водопотребления приходилось 94 % использованных водных ресурсов [40].

Характерные для стран бассейна Арала проблемы использования водных ресурсов – большие (до 50 %) потери воды из ирригационных систем, большие удельные затраты воды на 1 га и единицу сельхозпродукции, преобладание архаичных технологий полива – присущи и Синьцзяну. Как и в бассейне Аральского моря, здесь все более угрожающие масштабы принимают деградация естественных ландшафтов и опустынивание территории. Здесь также остры конфликты между потреблением воды в верхних и нижних течениях рек, в сфере водопотребления все более острый конфликт интересов орошаемого земледелия, с одной стороны, и промышленности и городского хозяйства – с другой [40].

Острота проблемы водной безопасности стран Центральной Азии определяется, прежде всего, тем, что все более или менее крупные реки региона являются трансграничными, а наиболее крупные из них – Амударья, Ертис и Сырдарья пересекают границы трех и более государств. В этом одна из главных особенностей рассматриваемой территории и одна из главных предпосылок интеграции усилий стран Центральной Азии как основы бесконфликтного и экологически сбалансированного использования водно-земельных ресурсов региона.

Помимо возможных неблагоприятных в хозяйственном отношении климатически обусловленных изменений водных ресурсов, острота проблемы воды в Центрально-Азиатском регионе определяется:

резко выраженной асимметрией территориального распределения ресурсов естественного речного стока: подавляющая часть (почти 68%) возобновляемых водных ресурсов бассейна Аральского моря формируется на территории Таджикистана и Кыргызстана, а основные массивы орошаемых земель, где расходуется более 90 % суммарного объема речного стока, расположены на территории Узбекистана, Туркменистана и в меньшей степени Казахстана; аналогичная ситуация характерна и для бассейна р. Иле – главной водной артерии бассейна оз. Балкаш: более 70% годового объема стока реки формируется на территории Китая;



конфликтом интересов гидроэнергетики и орошаемого земледелия, разрешение которого уже требует принятия решений на уровне глав государств либо правительств стран региона;

недостатками системы управления водными ресурсами на всех уровнях – от регионального до локального;

высокой степенью межгодовой изменчивости речного стока: наибольший объем годового стока в бассейнах главных рек региона может в 1,5–2,5 раза превышать средний многолетний, а наименьший может быть в 2,0–2,2 раза меньше нормы; это одна из главных причин больших экономических потерь государств в маловодные годы.

Говоря о рисках, необходимо учесть, что ресурсы речного стока полностью использовать для отраслей экономики по ряду причин невозможно. Из 100,5 км<sup>3</sup> ресурсов речного стока Казахстана, например, располагаемые (доступные к использованию) не превышают 46 км<sup>3</sup>, а остальной объем составляют необходимые затраты на экологические, рыбохозяйственные, транспортно-энергетические нужды, санитарные попуски и непроизводительные потери (испарение, фильтрация). В маловодные годы объем располагаемых водных ресурсов снижается до 26 км<sup>3</sup>/год, т.е. почти вдвое [41]. Все это накладывает серьезные ограничения на возможность стабильного водообеспечения экономики и ставит развитие ее водного сектора в зависимость от климатически обусловленных колебаний водности главных рек региона.

Таким образом, ситуация в сфере водообеспечения и хозяйств стран Центральной Азии далека от устойчиво благополучной и характеризуется наличием ряда факторов риска всех уровней – от глобального до локального. Дефицит водных ресурсов ощущается практически на территории всех водохозяйственных бассейнов Центральной Азии [42–44]. Так, на территории Казахстана в среднемаловодные (при 75%-й обеспеченности) и маловодные годы дефицит воды составляет 14 и 40% соответственно, а в Центральном Казахстане, а также в Ишимском и Шу-Таласском бассейнах дефицит воды в маловодные годы может составить 90–95% [35]. Такие глубокие дефициты воды – один из наиболее серьезных факторов риска, прежде всего, для орошаемого земледелия.

Положение осложняется крайне неблагоприятными прогнозами, согласно которым вслед-

ствие глобального потепления водные ресурсы бассейнов главных рек региона, в том числе Амударии, Сырдарии, Ишима, Тобыла, уже в ближайшие десятилетия могут сократиться на 20–40% [42, 45–48], и хотя вероятность снижения стока к 2100 г. в бассейнах Тянь-Шаня оценивается в 13–17% [49]. Все более острой становится проблема межгосударственного использования водных ресурсов трансграничных бассейнов. В этих условиях особенно актуальны исследования современных и прогнозных изменений характеристик снежного покрова и оледенения – главных источников формирования региональных водных ресурсов. Одной из ключевых составляющих этих исследований является мониторинг ледников с прогнозной оценкой динамики оледенения в обозримом будущем и возможного влияния его деградации на региональные водные ресурсы.

**Об изменении климата.** Проблема климатических изменений всегда привлекала внимание ученых, но в семидесятых годах текущего века приобрела глобальный характер. Именно с 70-х годов все более отчетливо стали проявляться признаки изменений климата. Выражением этих изменений явились участившиеся засухи, катастрофические наводнения и увеличение размаха межгодовых и межсезонных колебаний температуры воздуха при общей тенденции увеличения как сезонных, так и среднегодовых температур.

Прогнозируемые климатические изменения в связи с повышением концентрации парниковых газов (главным образом, CO<sub>2</sub>) в атмосфере и оценка соответствующей реакции природной среды настолько неутешительны, что проблема вероятных изменений климата стала одной из наиболее актуальных проблем века.

Результаты исследований, обобщенные в докладе Межправительственной группы экспертов [50], оптимизма не прибавили: согласно этим оценкам, глобальная средняя температура воздуха увеличилась за столетие на 0,3–0,6°C, а уровень Мирового океана поднялся на 10–20 см.

В подавляющем большинстве научных публикаций по проблеме доминирует мнение о значительном потеплении климата за последние десятилетия. В условиях Казахстана темпы увеличения годовых и сезонных температур приземного воздуха значительно выше среднеглобальных. Только за вторую половину XX в. (1954–2003 гг.) среднегодовая температура воздуха, осредненная



по территории республики, выросла на  $1,5^{\circ}\text{C}$  (в основном за счет повышения зимней температуры), при этом темпы потепления в различных районах Казахстана за указанный период различались более чем втрое – от  $0,7^{\circ}\text{C}$  на юго-западе страны (Актау) до  $2,0\text{--}2,5^{\circ}\text{C}$  на востоке (Павлодар, Семипалатинск) [51–53].

Предположительно к середине либо концу текущего столетия концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере увеличится вдвое, а обусловленный этим темп увеличения среднегодовой температуры составит около  $0,2\text{--}0,4^{\circ}\text{C}$  за 10 лет [50]. Как реакция на потепление климата предполагаются смещение по направлению к полюсам границ климатических зон, соответствующее изменение состояния экосистем [54–58] и значительные экономические потери [45, 59–65].

Заключение о предстоящем потеплении климата базируется на представлении о высокой чувствительности термического режима Земли к изменениям концентрации парниковых газов в атмосфере, а также на допущении, что нынешняя тенденция роста потребления минерального топлива сохранится в ближайшие десятилетия. За последние 200 лет концентрация парниковых газов возросла: по  $\text{CO}_2$  на 70 ppm (миллионных частей, по объему), или на 25%, по  $\text{CH}_4$  – на  $0,75\text{--}0,80$  ppm, или на 100%, по  $\text{N}_2\text{O}$  – на  $0,30\text{--}0,35$  ppm, или на 8–10%. Последние значения – это прямое указание на увеличение концентрации двуокиси

азота за исторический период, которая хорошо согласуется с данными о масштабах сжигания минерального топлива [66].

Инструментальные измерения метеорологических элементов дают детальную картину колебаний климатических, в том числе температурных, условий Северного полушария за последние 100 лет. Они свидетельствуют о том, что конец XIX в. был относительно холодным, а начало XX столетия характеризовалось потеплением, достигшим своего максимума в 1930–1940-е годы. После этого возобладала тенденция к похолоданию, которая сохранялась на протяжении 60–70-х годов. Подобный ход аномалий температуры воздуха связан со сменой продолжительности зональных и меридиональных процессов в атмосфере – относительный рост зональных процессов приводит к существенному потеплению (рис. 1) [66, 67].

Обобщенный характер изменений глобальной температуры характеризуется данными рис. 2.

Кривая 2 на рис. 2 отражает эффект воздействия антропогенных факторов, среди которых, по единодушному мнению климатологов и геологов, существенную роль может играть увеличение концентрации пыли и  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Фактический рост средних температур воздуха демонстрируется кривой 3, полученной из сложения кривых 1 и 2. Эта кривая показывает, что главным фактором потепления, наблюдавшегося

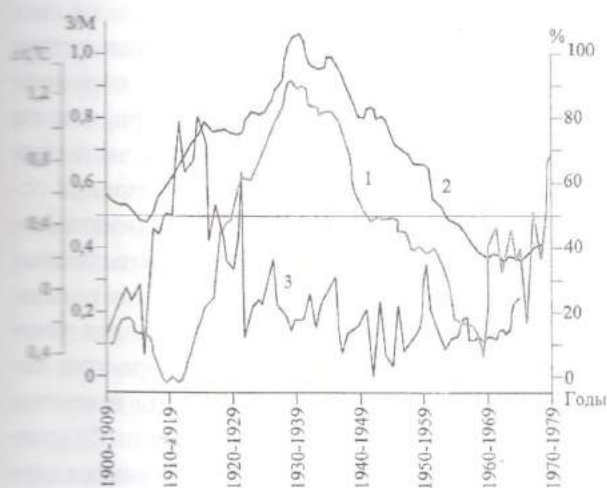


Рис. 1. Многолетний ход годовых величин в 1900–1980 гг.: 1 – аномалии температуры воздуха  $\Delta t$  в широтной зоне  $87,5\text{--}72,5^{\circ}$  с.ш.; 2 – отношение продолжительности зональных процессов к меридиональным, 3/М; 3 – доля наступающих и стационарных ледников Швейцарии от их общего количества, %

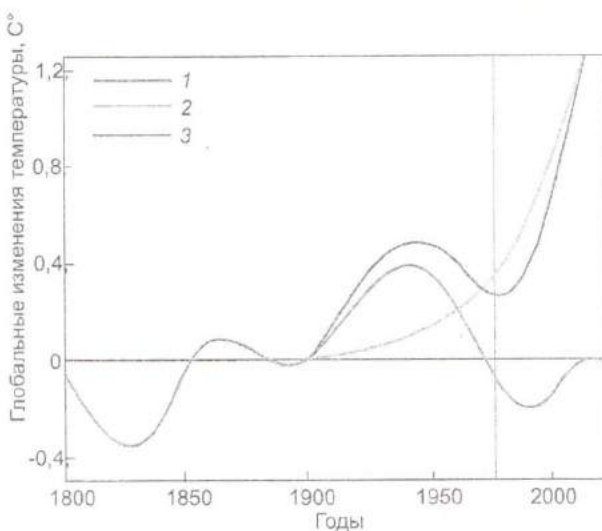


Рис. 2. Глобальные изменения температуры за 1800–2050 гг. по [68], с упрощениями: 1 – естественные температурные циклы; 2 – изменения глобальной температуры вследствие парникового эффекта  $\text{CO}_2$ ; 3 – суммарный эффект первого и второго факторов



в первые 40 лет XX в., был естественный температурный тренд, тогда как вклад, внесенный в потепление парниковым эффектом  $\text{CO}_2$ , не превышал 20%. В последующие 40 лет рассматриваемая кривая поворачивает книзу, свидетельствуя о глобальном похолодании; в это время происходит дальнейший рост концентрации углекислоты в атмосфере, однако связанное с ним четырехкратное – от 0,1 до 0,4°C – повышение температуры с лихвой подавлялось естественным температурным трендом, знак которого был отрицательным. Наконец, в следующий 40-летний период, т.е. от 80-х годов XX в. до первой четверти XXI в., когда недавний полцикл естественного похолодания сменился очередной фазой потепления, а парниковый эффект  $\text{CO}_2$  еще более усилился, средние глобальные температуры возрастут приблизительно на 2°C и могут подняться до уровня, который никогда не достигался за последнее тысячелетие. И если потребление минерального топлива не будет резко сокращено, температура будет расти и далее. Естественно, это отразится на режиме и размерах ледников, а через них – и на соотношении запасов влаги, содержащихся в основных резервуарах воды на Земле – Мировом океане и ледниках [50, 67].

Таким образом, вопрос о современных и прогнозных изменениях климата, казалось бы, решен. Вместе с тем есть основания полагать, что многие оценки современных и прогнозных изменений климата не вполне адекватно отражают реальные климатические изменения и в той или иной мере искажены вследствие недоучета искажений естественных полей климатических характеристик влиянием урбанизированных территорий и антропогенно измененных ландшафтов. По-видимому, наиболее близки к реальным оценки Межправительственной группы экспертов по климату, согласно которым среднегодовая температура воздуха в Северном полушарии повысилась за прошлое столетие на 0,3–0,6°C [50]. Возможно, более вероятным является нижний предел названного диапазона: известно, что эксперты стремились учесть в своих оценках искажения за счет влияния урбанизированных территорий, но не ясно, в какой мере учитывались возможные искажения естественных полей климатических характеристик под влиянием антропогенно измененных ландшафтов. Вероятно, недоучет этих искажений объясняются и различия мнений относительно соотношения современных темпов

потепления климата в горах и на предгорной равнине: одни находят, что скорость повышения годовых и сезонных температур воздуха возрастает по мере увеличения абсолютной высоты [31–33, 69–72], по данным других исследователей, по мере перехода от предгорных равнин к высокогорьям темпы потепления климата сокращаются [73, 74].

Что касается оценок современных и прогнозных изменений темпов потепления регионального климата, основанных на анализе данных режимных наблюдений без учета упомянутых искажений, то относится к ним следует осторожно. Во всяком случае странным является факт, что в Туркменистане, где преобладающим ландшафтом остается неизменная пустыня, а в структуре поселений доминируют малые, среднегодовая температура воздуха, осредненная по территории страны, в течение 65 лет (1931–1995 гг.) увеличилась лишь на 0,1°C (0,0015°C/год) [75], тогда как в густонаселенном Узбекистане, на большей части территории которого естественные ландшафты почти не сохранились, как, впрочем, и на территории Казахстана, характерный для последних десятилетий темп повышения среднегодовой температуры на порядок (как минимум) выше [48, 51, 63, 76].

Согласно результатам исследований около пятой части суши Земли коренным образом преобразована хозяйственной деятельностью и не соответствует основным характеристикам географических зон, к которым нарушенные территории относились. Общая же площадь нарушенной хозяйственной деятельностью природы на суше превышает 60% [77, 78]. Большая часть этих изменений произошла со времени создания основной сети станций мониторинга климата (конец XIX – первая половина XX в.). Естественно, эти изменения не могли не отразиться на показаниях метеостанций, расположенных в зоне измененных ландшафтов. Характер и мера этих искажений недостаточно изучены, хотя известно, что они могут носить разнонаправленный характер: в случае обезлесения и антропогенного опустынивания территории температура имеет положительные, а влажность воздуха – отрицательные отклонения относительно неискаженных. В районах же с густой сетью ирригационных систем, крупных водохранилищ и искусственно озелененных ландшафтов эти отклонения могут иметь противоположный знак – температура



будет ниже, а влажность выше характерных для окружающих территорий с неизменным ландшафтом [28, 76, 79]. Размах колебаний средней температуры воздуха в зависимости от типа подстилающей поверхности в условиях Евразии может превысить  $6^{\circ}\text{C}$  [80].

Зачастую значительно большие искажения естественных полей климатических характеристик обусловлены влиянием урбанизированных территорий. Отопляющее влияние города – факт хорошо известный [81–87]. Согласно некоторым оценкам [88], увеличение числа жителей на 1 млн влечет повышение температуры воздушной среды города на  $0,3^{\circ}\text{C}$ . Городской ландшафт значительно искажает естественный ход метеоэлементов, а климатические характеристики города явно отличаются от типичных для окружающей территории. Это прекрасно видно на космических снимках, сделанных в ночные часы в тепловом диапазоне. На таких снимках города резко выделяются контрастным температурным полем с четко очерченными границами [28, 76, 79].

Исследования показали, что конфигурация и размеры теплового пятна не остаются постоянными и в зависимости от ветрового режима могут изменяться не только от месяца к месяцу, но и в течение недели, а максимальная разница между температурами внутри теплового пятна и за его пределами может превысить  $8^{\circ}\text{C}$ . Очевидно, мера искажений естественных полей климатических характеристик за счет отепляющего эффекта городской среды решающим образом зависит от режима положения метеостанции относительно границ теплового пятна и источников теплового загрязнения в самом городе [28].

Таким образом, есть основания считать, что значительное потепление, выявленное по показаниям многих станций режимных климатологических наблюдений, не отражает реальных климатических изменений, а является, скорее, результатом учета накопленных по времени искажений естественного температурного поля за счет влияния урбанизированных территорий и антропогенно измененных ландшафтов. Очевидно, рассмотренные аспекты проблемы изменений климата заслуживают особого внимания и постановки дополнительных исследований. Возможно, результатом таких исследований может стать существенная корректировка соотношений температуры воздуха и концентрации двуокиси углерода в атмо-

сфере. Соответственно могут измениться в сторону более низких значений темпы глобального потепления.

**Современная динамика оледенения. Мониторинг ледников.** Систематические наблюдения за колебаниями ледников были начаты в Швейцарии в 70-е годы XIX в. и затем постепенно распространялись на другие горно-ледниковые районы. В 1894 г. на 6-м Международном геологическом конгрессе была создана ледниковая комиссия, которая должна была изучать колебания ледников. В 1960 г. была сформирована новая программа наблюдений за колебаниями ледников, а в 1967 г. создана Постоянная служба для обобщения результатов этих наблюдений в глобальном масштабе, впоследствии преобразованная во Всемирную службу мониторинга ледников. В России наблюдения за колебанием ледников Кавказа, Алтая, гор Средней Азии проводились еще в XIX столетии и состояли в основном из регистрации изменений положения края ледника относительно закрепленных на местности реперных маркеров. В 1963 г. в СССР были введены постоянные наблюдения за колебаниями почти 200 ледников, а в 1973 г. была принята новая программа, определившая три класса наблюдений: детальные круглогодичные наблюдения на нескольких ледниках, позволяющие исследовать поля распределения по леднику основных его характеристик (первый класс), периодические измерения основных параметров нескольких ледников (второй класс) и более массовые периодические наблюдения на контрольных ледниках с фиксацией положения их концевой части.

Из четырех видов колебаний ледников, различаемых в современной гляциологии [67], основными являются два: 1) вынужденные колебания, обусловленные изменением внешней нагрузки, т.е. скорости аккумуляции – абляции льда, и 2) релаксационные автоколебания, выражением которых являются резкие подвижки-пульсации, когда конец ледника резко продвигается вперед либо происходит перераспределение массы в контуре ледника (внутренняя подвижка). Механизм вынужденных колебаний изучается путем наблюдений за процессами внешнего (между ледником и атмосферой) и внутреннего массоэнергообмена ледников. Особенно детальные наблюдения, не имеющие аналога в мире, проводились в 1960–1970-е годы на ледниках Обручева (Полярный

Урал), Шумского (Джунгарский Алатау) и Центральном Туяксуйском (Заилийский Алатау), Абрамова (Гиссаро-Алай) [67].

В Европе первые определения баланса массы отдельных ледников побережья Северной Атлантики было предприняты еще в 1930-х годах Х. Альманом. В 1940-х годах ежегодные измерения баланса массы были начаты на нескольких избранных ледниках и стали массовыми с началом работ по программе Международного гидрологического десятилетия (1965–1974 гг.) и последующей Международной гидрологической программы.

Суммарная площадь ледников Азии оценивается в 120 560 км<sup>2</sup> [89]. Из них 3500 км<sup>2</sup> расположено в Северной Азии и Сибири и 116 180 км<sup>2</sup> – в высоких горах Азии. Наибольшие площади оледенения сосредоточены в Гималаях (33 050 км<sup>2</sup>), горах Тянь-Шаня (15 417 км<sup>2</sup>), Каракорума (16 600 км<sup>2</sup>), Памира (12 260 км<sup>2</sup>) и Куньлуня (12 260 км<sup>2</sup>).

В табл. 1 представлена информация о ледниках Азии и Северного Кавказа, на которых проводились более или менее продолжительные измерения баланса массы.

Как видим, лишь для 18 ледников продолжительность ряда ежегодных измерений баланса массы превышает 20 лет. К сожалению, на 12 из них наблюдения по разным причинам прекращены в начале 1980-х – 1990-х годов и в настоящее время в высоких горах Азии проводятся лишь на пяти ледниках. Три из них расположены на Алтае и два – на Тянь-Шане. Наибольшей продолжительностью наблюдений – 50 лет с учетом данных за 2005/2006 балансовый год – выделяется ледник Центральный Туяксуйский. С учетом же восстановленных величин баланса массы продолжительность ряда данных составляет здесь 125 лет. Немногим меньше продолжительность непрерывных измерений баланса массы ледника №1 в Восточном Тянь-Шане и ледника Малый Актру на Алтае (см. табл. 1).

Таблица 1. Ледники гор Азии и Северного Кавказа с наиболее продолжительным рядом измерений баланса массы (по состоянию на 2003 г.)

Регион	Ледник	Площадь ледника, км <sup>2</sup>	Период наблюдений		Длина ряда, лет
			начало	окончание	
Кавказ	Джанкуат	3,10	1968	-	36
	Гарабаши	4,47	1984	-	20
Алтай	Л. Актру	5,96	1977	-	27
	М. Актру	2,73	1962	-	42
	№125	0,75	1977	-	27
	П. Актру	3,88	1980	1990	11
Памир	Абрамова	22,50	1967	1998	31
Тянь-Шань	Ц. Туяксуйский	2,66	1957	-	47
	Иглы Туюксу	1,72	1957	1990	34
	Молодежный	1,43	1957	1990	34
	Маметовой	0,35	1957	1990	34
	Кара-Баткак	4,56	1957	1998	42
	Голубина	5,75	1969	1994	26
	Урумчи Ст.№1	1,74	1959	-	45
Джунгарский Алатау	Шумского	2,81	1967	1991	25
Полярный Урал	ИГАН	0,88	1958	1981	24
	Обручева	0,30	1958	1981	24
Камчатка	Козельский	1,79	1973	1998	25
Гималаи	Чангмекхан	4,50	1981	1986	6
	Дунагири	2,56	1986	1990	5
	Шауне Гаранг	4,94	1982	1990	9
	Гор Гаранг	2,00	1977	1984	8
Тибет	Ксяодонгкемали	1,77	1989	1998	11

\*Источник: [89], прочерк в колонке 5 означает, что наблюдения продолжаются.



К сожалению, прекращены наблюдения на леднике Абрамова – единственном на Памиро-Алае, где в течение 31 года проводился комплекс гляциогидроклиматических наблюдений с ежегодным измерением баланса массы ледника. Прерваны также наблюдения на леднике Кара-Баткак на Тянь-Шане, где ежегодные измерения баланса массы продолжались в течение 42 лет, а также на леднике Шумского в Жетысуском (Джунгарском) Алатау и ледниках Полярного Урала и Камчатки с продолжительностью рядов баланса массы 24–25 лет.

По сути, результатами наблюдений на ледниках, перечисленных в табл. 1, исчерпывается база данных, представляющих наибольший интерес для исследований колебаний баланса массы ледников Азии. Дополнительно в течение 1970–1990-х годов измерения баланса массы проводились еще на 38 ледниках Азии, в том числе на 3 ледниках Алтая, 11 ледниках Гималаев и 11 ледниках Тянь-Шаня, но продолжительность этих наблюдений составляет от 1 до 9 лет.

Таким образом, информация для обоснованных оценок современной и прогнозной динамики оледенения гор Азии весьма ограничена, особенно по территории Тибета, Памира, Гималаев, Куньлуня; практически отсутствуют данные о динамике баланса массы ледников Гиндукуш-Каракорума. К тому же данные наблюдений на отдельных ледниках – не лучшая информация для сравнительных оценок, поскольку они могут отличаться от характеристик динамики оледенения целостных ледниковых систем. В этих условиях задачами на ближайшую перспективу, кроме усилий по поддержке наблюдений на объектах, включенных в сеть Мировой службы мониторинга ледников, должно стать стремление восстановить прерванные наблюдения на ледниках Абрамова (Памиро-Алай), Кара-Баткак и Голубина (Тянь-Шань) и организовать подобные наблюдения на дополнительных ледниках, особенно на Тибете, в Гималаях, горах Памира, Каракорума. В этой связи было бы полезным создание сети тестовых горно-ледниковых бассейнов с комплексом гляциогидроклиматических наблюдений по единой скоординированной программе.

Важной задачей должно стать стремление организовать работы по составлению каталога ледников. Только на их основе возможны объективный сравнительный анализ динамики ледниковых систем и обоснованные прогнозные оценки

развития оледенения гор Азии в ближайшем будущем. Хорошие возможности для составления унифицированных каталогов ледников открываются на основе обработки данных космической съемки, особенно в рамках проекта GLIMS, ориентированного на составление каталога ледников мира.

В настоящее время повторные каталоги ледников по состоянию на несколько временных срезов имеются для территории горных районов Памира, Гиссаро-Алая, Тянь-Шаня в границах бывшего СССР. В последние десятилетия (начиная с 1970 г.) составлены также каталоги ледников ряда бассейнов Индийских и Непальских Гималаев, Каракорума [90]. Завершены также работы по составлению второго каталога ледников большей части ледниковых районов Китая, составлен первый каталог ледников Индийских Гималаев (бассейн р. Баспа). Для продолжения этих работ необходимо скоординировать усилия специалистов стран-участниц, согласовав содержание каталогов и методы определений гляциологических характеристик.

*Динамика оледенения высоких гор Азии.* Существующие данные прямых измерений баланса массы и колебаний ледников вряд ли можно использовать для надежных суждений о современной эволюции горно-ледниковых систем [67]. Тем не менее результаты мониторинга ледников не оставляют сомнений в том, что во второй половине XX в. оледенение Земли находилось в состоянии деградации. В 1990 г. Межправительственная группа экспертов по изменению климата признала этот факт как один из главных аргументов глобального потепления климата независимо от вариаций данных о приземной температуре воздуха [50].

Глобальным изменениям температуры соответствовали и колебания ледников [67]. Первая половина XX в. была периодом сокращения ледников, пик которого пришелся на 1930–1940-е годы. В последующий период питание ледников стало улучшаться, появилась тенденция к их стабилизации и росту, в ряде горных стран увеличение массы стало характерной чертой большинства ледников. Так, в хорошо изученных Австрийских Альпах в 1965 г. наступало 30% ледников, а в 1975 г. число наступающих ледников возросло до 58%, тогда как на предшествовавшем климатическом этапе там резко преобладали отступающие ледники, доля которых в 1920 г. составила 30%, а в 1952 г. приблизилась к 100%.



Близкая картина наблюдалась и в Центральной Азии. Так, на общем фоне сокращения площади оледенения с 1956 по 1975 г. 31% из 369 ледников северного склона Заилейского Алатау и бассейна р. Шелек, по которым имеются данные об изменении площади, увеличивались в размерах. Общее приращение площади этих ледников за указанный период составило 15,7 км<sup>2</sup>. С 1975 по 1990 г. доля ледников с преобладающим положительным балансом массы сократилась до 2,4% от общего количества исследуемых (369). Подобная динамика наблюдалась и в других горноледниковых районах. Так, с 1943 по 1977 г. в ледниковом массиве Акшийрак семь ледников (4% от общего количества) наступали, а на 32 ледниках (18%) высота поверхности в зоне абляции увеличивалась, но в последующий период все ледники массива отступали [91]. Сходная картина наблюдалась и в горах Китая [92]. Судя по данным Мировой службы мониторинга ледников, наличие отступающих и наступающих ледников в 1960-х – 1970-х годах прошлого века было характерно для континентальных горно-ледниковых систем мира и к концу 1970-х количество наступающих и отступающих ледников практически сравнялось: около 45% наблюдаемых ледников Северного полушария с 1960 по 1980 г. имели преимущественно положительный баланс массы. В тот же период 57% наблюдаемых ледников Альп имели положительный баланс массы и до 80% наступали в 1980 г. Однако доля наступающих ледников здесь сократилась до 35% в 1984 г. [93].

Темпы деградации ледников в различных районах мира существенно различаются в зависимости от типа оледенения. В районах с морским климатом толщина ледников сокращается со скоростью несколько дециметров в год, тогда как в районах континентального климата, где в зоне питания ледников круглый год преобладают отрицательные температуры, она составляет от нескольких сантиметров до дециметра в год [57].

Недавние обобщения данных мониторинга ледников мира [75, 89] убедительно показали, что при господствующем в последние десятилетия отрицательном балансе массы ледников в ряде районов мира оледенение находилось в более или менее устойчивом состоянии, а в отдельных районах в течение последних десятилетий преобладал положительный баланс массы. В большинстве горных районов на общем фоне отступления ледников в отдельные годы наблюдался положи-

тельный баланс массы, а в ряде районов (Аляска, Норвегия, Новая Зеландия) в течение второй половины XX в. выявлены прерывистые периоды положительного баланса массы и наступления ледников [75, 89, 94]. Европейские Альпы, например, с 1850 по 1970 г. потеряли около 30–40% первоначальной площади и около 50% объема льда. Еще около 25% объема льда они потеряли в последующий период. Темп сокращения объема альпийских ледников в последние десятилетия увеличился вдвое – с 0,42% в год с 1850 по 1970 г. до 0,83% в год в последующий период [95]. Отметим, что темпы сокращения альпийских ледников близки к выявленным в Заилейском Алатау [28].

Отступление ледников началось в конце Малого Ледникового периода (Little Ice Age – LIA) – в середине XIX в. В табл. 2 приведены данные об изменении площади ледников различных горных районов в большом широтном диапазоне – от тропиков до высоких широт. Эти данные не оставляют сомнений в глобальном масштабе процессов деградации оледенения, особенно интенсивной во второй половине XX в.

Как видим, в сходные по продолжительности периоды времени темпы деградации оледенения различных районов значительно различались. Существенны и временные различия. Так, темп сокращения площади оледенения массива Акшийрак в Центральном Тянь-Шане изменялся от 0,12% в год с 1943 по 1977 г. до 0,33 с 1977 по 2003 г. [49]. В горах Азии минимальными темпами деградации площади (0,01–0,06% в год) в последние десятилетия XX в. отличалось оледенение Тибетского плато [95], а максимальными (0,80–0,83% в год) – оледенение северной периферии Тянь-Шаня [28, 49]. В значительной мере это объясняется тем, что на юго-востоке Тибетского плато интенсивность солнечной радиации в зоне абляции ледников составляет лишь 1/6 от теоретически возможной, а конденсация превышает испарение, вследствие чего интенсивность таяния льда составляет лишь около 3,2 мм/1°C, тогда как в Центральном Тянь-Шане она превышает 12,5 мм/1°C [32, 33].

Сравнительная картина динамики ледников в различных районах мира характеризуется данными рис. 3 и 4. По представленным здесь данным четко прослеживаются различия динамики ледников районов относительно теплого морского климата (Скандинавия, Камчатка, Альпы), с



Таблица 2. Многолетние изменения площади и объема ледников в различных районах [94]

Регион	Период	Потери площади, % / % в год	Потери объема, % / % в год	Источник
<b>Тропики</b>				
Гора Кения (Mount Kenya)	1850–1993	-74/0,52		Kaser et al., 2002
Рвензори (Rwenzory)	1906–1990	-74/0,88		Kaser et al., 2002
Ириан Джая (Irian Jaya)	1850–1900	-93/1,86		Kaser et al., 2002
Кордильера Реал, Боливия (Cordillera Real (Bolivia))	1920–1970	-12/0,24		Kaser et al., 2002
Пико Боливар (Pico Bolivar - Venezuela)	1910–1972	-80/0,80		Kaser et al., 2002
<b>Европейские Альпы</b>	ca. 1850–1994	-35/0,24	-50/0,35	Meier et al., 2003
<b>Кавказ</b>	1894–1970	-29/0,24	-50/0,42	Meier et al., 2003
Эльбрус (Центральный Кавказ)	1887–1997	-14/0,13		Zolotarev et al., 2002
<b>Шпицберген</b>	1850–1973	-6/0,049	-13/0,10	Meier et al., 2003
<b>Новая Зеландия</b>	ca. 1850–1990	-26/0,19		Chin, 1996
<b>Тянь-Шань</b>	1955–1995	-15/0,38	-22/0,55	Meier et al., 2003
Заилийский	1955–1990	-29/0,83	-32/0,91	Vilesov et al., 2001
Акшийрак (внутренний Тянь-Шань)	1943–2001	-26/0,45		Khromova et al., 2002
<b>Гиссаро-Алай</b>	1957–1980	-16/0,70		Shetinnicov, 1998
Ледник Маласпина, Аляска (Malaspina Glacier, Alaska)	ca. 1974–1995	-1,5/0,07	1,9/0,09	Meier et al., 2003
Ледовое поле Южной Патагонии (Southern Patagonia Isfield)	1945–1986		(-200 км <sup>3</sup> )	Aqnia et al., 1997

одной стороны, и континентального холодного климата (Центральная Азия, Скалистые и Каскадные горы) – с другой. Для первых характерны значительно меньший размах колебаний годового баланса массы ледников (в диапазоне  $\pm 1500$  мм/год против  $\pm 2000$  мм/год у ледников арктического и континентального типа) и относительно меньшие темпы сокращения запасов льда. Очевидно также, что темпы сокращения площади ледников и запасов льда, особенно в континентальных сухих и приполярных районах (горы Центральной Азии, Аляски, Скалистые и Каскадные горы), значительно возросли с начала 1970-х, хотя в ряде районов (Алтай, Анды, Аляска, Патагония, Памир, Кавказ, Каскадные горы) в 1980-х – начале 1990-х годов отчетливо выражено некоторое замедление темпов деградации ледников, что вполне согласуется с тенденциями изменения температуры воздуха.

На ледниках Центральной Азии быстрое увеличение отрицательных значений баланса массы, характерное для периода с 1969 по 1978 гг., сменилось в последующем явным замедлением темпов деградации: вплоть до 1996 г. абсолютные значения отрицательного баланса массы были значительно меньше типичных для второй половины 70-х годов, а в 1981, 1985, 1987, 1992, 1993 и 1998 гг. были близки к нулю. Лишь в 1997 г. величина годового баланса массы достигла 1500 мм/год – абсолютного минимума за период

с середины 50-х годов прошлого века (см. рис. 3, в). Интересно, что баланс массы при общем тренде в отрицательном секторе приближался к нулю либо был слабо положительным в годы извержения европейских вулканов (в частности, Mount Agung в 1963 г., El Chichon в 1982 г., Mount Pinatubo в 1991). Связанные с этим похолодание и снижение темпов деградации ледников могут продолжаться в течение 1–3 лет (рис. 5) [89].

В течение всего периода, начиная с конца 50-х годов, относительно большей устойчивостью в сравнении с центральноазиатскими отличались ледники Алтая: в 1966–1973, 1975–1977, 1983–1990 и 1993 гг. годовой баланс их массы был положительным, и хотя кумулятивный баланс массы в течение всего рассматриваемого периода оставался отрицательным, его отклонения от нулевого значения были невелики и в 1982–1997 г. постепенно уменьшались (см. рис. 5). Начиная с конца 80-х – начала 90-х годов, темпы деградации ледников во многих районах мира значительно возросли [94, 95]. Это ускорение связано с аномально высокими средними температурами в этот период и вполне согласуется с изменением площади и толщины морских льдов и сокращением площади сезонного снежного покрова в Северном полушарии со скоростью 0,2% в год [89].

В целом же темпы сокращения ледниковых ресурсов мира остаются высокими, и в последнее десятилетие в большинстве ледниковых

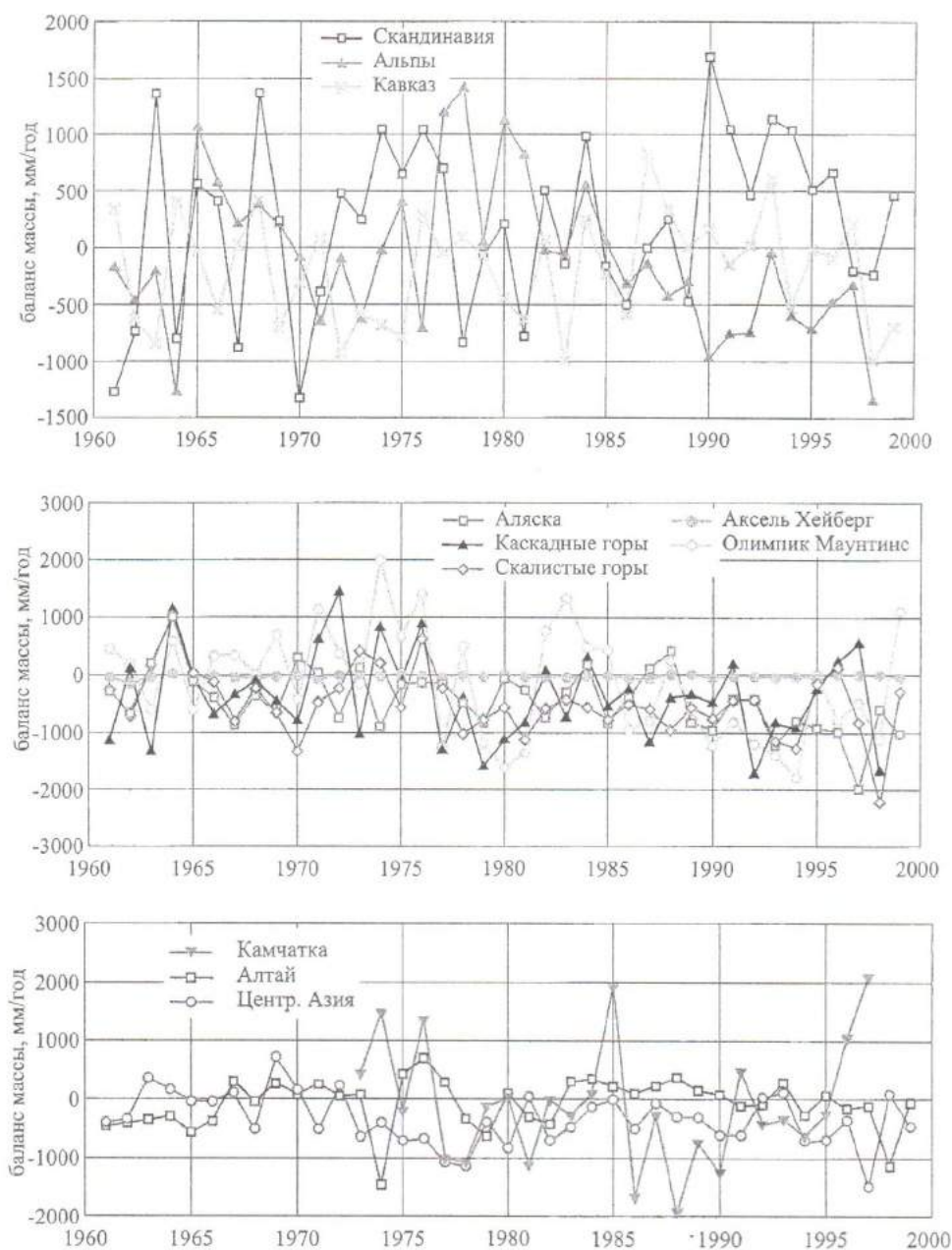


Рис. 3. Амплитуда межгодовых колебаний баланса массы ледников различных районов мира [94]

районов явно возросли. Это хорошо видно из обобщенного для ряда ледников и горных районов характера изменений баланса массы ледников (см. рис. 5). Особенно интенсивно во второй половине XX в. сокращались ледники Скалистых гор, Центральной Азии и Аляски (см. рис. 3). При этом скорость сокращения площади оледенения Центральной Азии оставалась одной из наиболее высоких в мире (см. рис. 4).

Относительно большая скорость деградации оледенения Центральной Азии объясняется тем, что при потеплении скорость деградации повы-

шается по мере роста степени континентальности климата, так как увеличивается вклад летнего баланса массы в изменение его годового баланса и стока деградации. Такое явление связано с небольшим, но постоянным ростом доли зимних осадков в годовой сумме при потеплении и усилении циклонической активности в период зимнего антициклона. Кроме того, ледники континентальных районов испытывают тенденцию к уменьшению питания атмосферными осадками: общей тенденцией для ледников Тянь-Шаня в течение последних десятилетий было сокращение





Рис. 4. Многолетние тренды изменения объема (кумулятивный баланс массы) ледников различных районов мира [94]

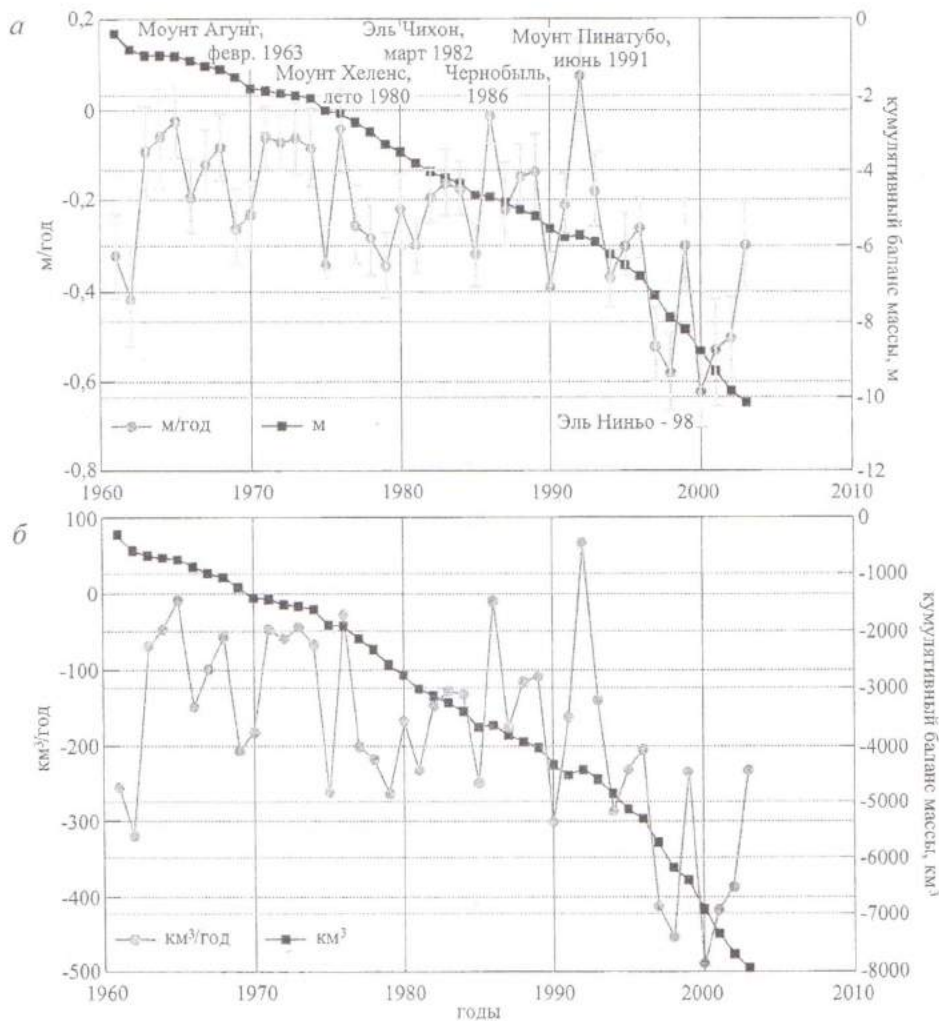


Рис. 5. Годовые изменения баланса массы ледников и кумулятивный баланс массы водного эквивалента: а – в м, б – в км<sup>3</sup>, рассчитанный для ледниковых систем и ледниковых покровов

(исключая Гренландский и Антарктический ледниковые щиты) с общей площадью 785x103 км<sup>2</sup>.

Обобщены результаты прямых наблюдений баланса массы 300 ледников мира, осредненных по размерам отдельных ледников, 49 первоначальных (ледниковых) систем, 12 крупных районов, 6 регионов континентального масштаба [89]

годовой аккумуляции снега. Уменьшение аккумуляции снега и потепление типичны для условий Центральной Азии. Это наиболее благоприятное сочетание объясняет аномально большие скорости деградации оледенения [67].

Весьма интересными с точки зрения динамики ледниковых ресурсов являются результаты оценки вклада горных и субполярных ледников в повышение уровня Мирового океана. Глобальный баланс массы ледников может быть преобразован в единицы изменения уровня моря:  $361 \text{ км}^3$  водного эквивалента соответствует увеличению уровня моря на 1 мм [50, 94, 96]. Согласно результатам оценки [94, 97], обобщенный среднегодовой баланс массы ледников изменился от  $-82 \text{ мм/год}$  ( $-56 \text{ км}^3/\text{год}$ ) в течение 1961–1976 гг. до  $-125 \text{ мм/год}$  ( $-85 \text{ км}^3/\text{год}$ ) в 1977–1987 гг. и до  $-217 \text{ мм/год}$  ( $-147 \text{ км}^3/\text{год}$ ) с 1988 по 1998 г. Таким образом, объем талых ледниковых вод в последние десятилетия прошлого века увеличивался, при этом, если в десятилетие (1977–1988 гг.) среднегодовой ледниковый сток увеличился в 1,5 раза в сравнении с характерным для периода с 1961 по 1976 г., то в течение следующего десятилетия он возрос в 1,7 раза. Это еще раз подтверждает вывод о том, что значительное увеличение темпов деградации ледников в последнее десятилетие XX в. имело глобальный характер. При этом ускорение темпов деградации оледенения в конце 80-х – начале 90-х годов было настолько значительным, что высказывается сомнение относительно однородности данных рядов мониторинга ледников и правомерности их использования в прогнозных оценках вероятной динамики оледенения на обозримую перспективу [94]. Вместе с тем в ряде горно-ледниковых районов (Кавказ, Алтай, Скандинавия) этот сдвиг не выражен и ход кривых кумулятивного баланса массы в 80-х – начале 90-х годов прошлого века носит, скорее, обратный характер в сравнении с типичным для большинства ледниковых районов (см. рис. 4).

Рассмотренные результаты (см. рис. 5) характеризуют изменения оледенения, осредненные для больших территорий – от крупных горно-ледниковых районов (Альпы, Кавказ, Алтай) до масштабов субконтинента (высокие горы Азии). Характер изменений оледенения отдельных ледниковых систем может существенно отличаться от осредненного для больших регионов. К тому же в единой ледниковой системе темпы

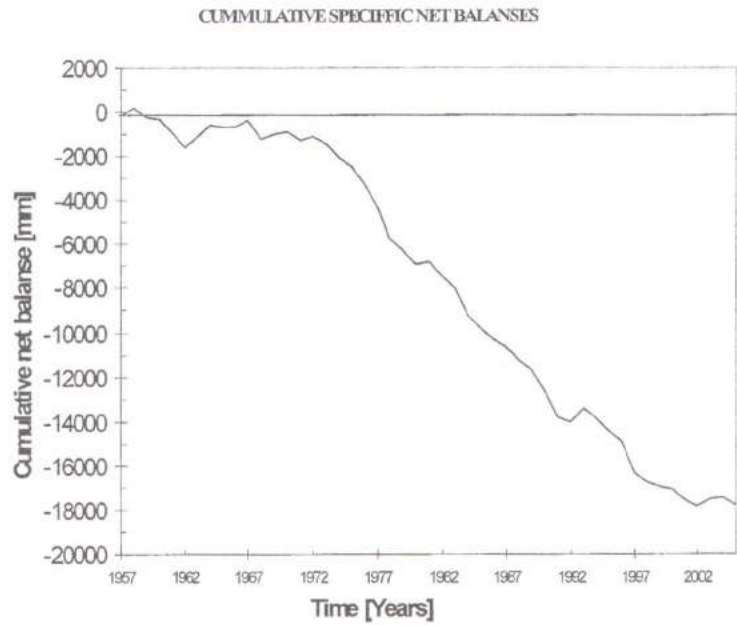
этих изменений могут значительно различаться в зависимости от условий рельефа, орографии, положения района в горной системе, ориентации макросклона горного хребта. Рассмотрим эти особенности, прежде всего, для оледенения гор Центральной Азии. Вероятно, наиболее полная информация для исследований динамики оледенения региона имеется для территории гор Юго-Восточного Казахстана – Северного Тянь-Шаня и Жетысуского (Джунгарского) Алатау. Здесь на базе стационара Института географии МОН РК в гляциальном поясе бассейна р. Киши Алматы с 1958 г. проводятся ежегодные, а с 1972 г. – круглогодичные гляциогидроклиматические наблюдения с измерением составляющих баланса массы ледника Туюксу. С учетом же реконструированных показателей продолжительность ряда данных о балансе массы этого ледника превысила 125 лет. Кроме того, для гор Юго-Восточного Казахстана по материалам аэрофотосъемки, а после 1990 г. по данным космической съемки составлены унифицированные каталоги ледников по состоянию на 4–6 временных срезов (для Джунгарской и Заилейско-Кунгейской ледниковых систем соответственно) с 1955–1956 по 1999 г.

Данные мониторинга баланса массы ледника Туюксу (рис. 6) и сравнительный анализ данных каталогов ледников свидетельствуют, что изменения оледенения данного региона вполне согласуются с типичным для гор Центральной Азии (см. рис. 3). Как и в большинстве ледниковых районов мира, до конца 1970-х годов ледники оставались в более или менее устойчивом состоянии, а ускоренная их деградация началась в начале 1970-х годов, когда в течение нескольких лет подряд наблюдались аномально высокие температуры воздуха. Именно с начала 1970-х годов кумулятивная кривая баланса массы ледника резко отклонилась вниз (см. рис. 4), отражая соответствующее ускорение темпов сокращения вековых запасов льда. Аналогичные изменения зафиксированы в режиме ледников Шумского в Жетысуском Алатау, Абрамова в Гиссаро-Алае, Кара-Баткак и Голубина на Тянь-Шане [66].

В течение всего последующего периода отрицательный баланс массы лишь в отдельные годы сменялся положительным. Вместе с тем отмеченное резкое ускорение темпов деградации ледников с середины 1980-х – начала 1990-х годов, типичное для многих районов мира (Альпы, Патагони, Аляска, Анды, Арктика), здесь не



Рис. 6. Кумулятивный баланс массы ледника Центральный Туюксу за 1957–2005 гг.



проявилось. Напротив, с конца 1980-х годов потери массы ледника Туюксу явно замедлились (см. рис. 6). Тот же характер изменений проявился и в динамике Заилейско-Кунгейской и Джунгарской ледниковых систем в целом [28].

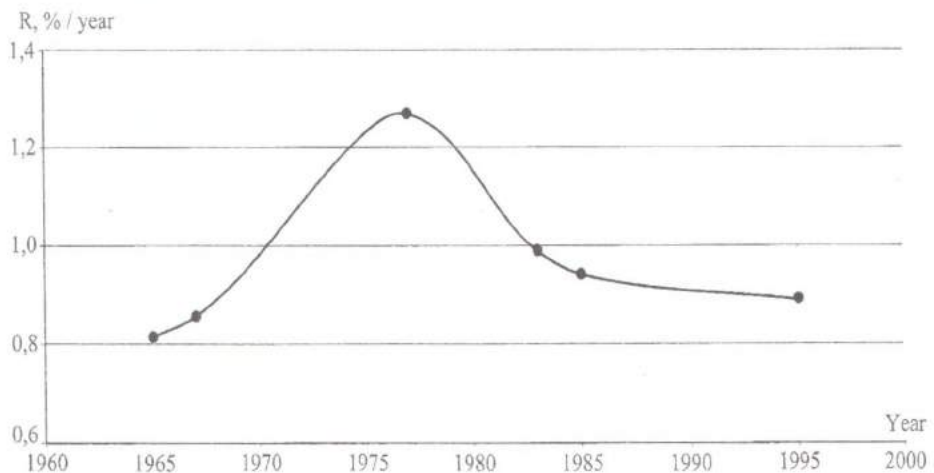
Это хорошо видно на примере изменений темпов сокращения площади ледников северного склона Заилейского Алатау (рис. 7): максимально высокие темпы деградации, характерные для середины 1970-х годов, уже к середине 1980-х годов значительно уменьшились и, судя по измерениям баланса массы ледника Туюксу (см. рис. 6), продолжали сокращаться вплоть до 2005 г.

Выявленный характер изменений (рис. 7) вполне согласуется с результатами соответствующей оценки для высоких гор Азии в целом [98]: после резкого ускорения потерь массы ледников в начале 1970-х годов уже к 1977–1978 гг. про-

цесс стабилизировался, а до начала 1990-х годов существенно замедлился, после чего потери массы льда вновь возросли. Такой режим вполне соответствует особенностям глобального потепления: если до конца 1980-х годов на разных широтах как Северного, так и Южного полушарий зонально осредненные среднегодовые аномалии температуры воздуха имели разный знак, то с конца 1980-х годов они были преимущественно положительными во всех широтных зонах Земли, особенно значительными в Северном полушарии [98].

Отметим также, что значительное сокращение темпов деградации ледников с начала 1980-х выявлено для трех бассейнов Гиссаро-Алая [99]. Существенное сокращение темпов деградации в конце 1980-х – начале и в конце 1990-х выявлено также по ежегодным измерениям баланса массы

Рис. 7. Изменение темпов сокращения площади оледенения северного склона Заилийского Алатау



трех ледников Катая (Ледник №1 в Восточном Тянь-Шане, ледник Малый Тонгкемали в горах Танггула и ледник Мейкуанг в Кунылуне) [92]. По другим оценкам [100], темп деградации оледенения Гиссаро-Алая в целом после 1980 г. увеличился почти в 1,2 раза (с 0,68 до 0,80% в год) в сравнении с характерным для периода с 1957 по 1980 гг. Вместе с тем по тем же оценкам темп сокращения площади оледенения Памира с 1980 по 2005 г. несколько снизился – с 0,54% в год в 1961–1980 гг. до 0,50 в 1980–2005 гг. Некоторое ускорение темпов деградации оледенения в последние десятилетия выявлены и для Центрального Тянь-Шаня [101]. Такие расхождения в оценках, к сожалению, вполне вероятны, поскольку надежность определения площади ледников даже по материалам аэрофотосъемки не слишком велика и зависит не только от масштаба используемой топографической карты, но в значительной мере от профессионального опыта специалиста. Вряд ли надежнее результаты определения площади ледников по космическим снимкам. В этом отношении показателен тестовый эксперимент, в ходе которого троим специалистам с большим опытом обработки космических изображений было предложено определить площадь ледника Туюксу по космическому снимку IRS с разрешением 5,8 м. Расхождения в результатах определений превысили 10%, а отклонения от площади ледни-

ка, рассчитанной по материалам синхронной тахеометрической съемки, изменялись от 1,5 до 12,0%.

Отметим также, что в зависимости от положения района в горной системе, ориентации макросклона хребта, абсолютной высоты расположения и ориентации самих ледников темпы их деградации могут значительно различаться в пределах одной ледниковой системы. Так, в Заилийско-Кунгейской ледниковой системе в среднем с 1955 по 1999 г. максимальный темп сокращения площади ледников (0,96% в год) наблюдался на южном склоне Кунгей-Алатау (бассейн р. Чон-Аксу), а минимальный (0,49% в год) – в расположенном рядом бассейне р. Чон-Кемин. В Джунгарской ледниковой системе в среднем с 1956 по 1990 г. максимальный темп сокращения площади ледников (1,08% в год) характерен для Южного макросклона гонной страны, в расположенном рядом бассейне р. Коксу он в 1,2 раза меньше, а минимальный (0,72% в год) наблюдался в орографически закрытых бассейнах Тентек и Ырғайты на восточной периферии Жетысуского (Джунгарского) Алатау [28].

Значительные межбассейновые различия темпов деградации оледенения характерны и для других ледниковых систем Центральной Азии (табл. 3).

Представленные в табл. 3 данные о площади оледенения на два временных среза заимствованы

Таблица 3. Многолетние изменения площади оледенения  $F_{gl}$  Центральной Азии, км<sup>2</sup> (по данным [102])

Бассейн/район	Год	$F_{gl}$	Год	$F_{gl}$	Потери площади за период, км <sup>2</sup>	Темп сокращения площади оледенения, %/год	Продолжительность периода, лет
Зап. Тянь-Шань	1957	170,8	1980	146,8	24,0	0,61	23
Р. Ванч	1957	344,8	1980	291,6	53,2	0,67	23
Р. Гунт	1957	534,1	1980	441,1	94,0	0,76	23
Р. Магча	1957	506,0	1980	437,9	68,1	0,58	23
Р. Кызылсу Зап.	1966	527,3	1980	486,4	40,9	0,55	14
Р. Муксу	1966	2064,8	1980	1987,5	77,3	0,267	14
Р. Обихингоу	1957	810,2	1980	705,1	105,1	0,56	23
Р. Пяндж (1)	1957	383,7	1980	268,9	114,8	1,30	23
Р. Пяндж (2)	1957	52,0	1980	48,1	3,9	0,32	23
Р. Сырдарья (1)	1964	548,1	1980	449,6	98,5	1,12	16
Р. Сырдарья (2)	1964	303,9	1980	180,1	123,8	2,55	16
Р. Шахдара	1957	216,3	1980	166,7	49,6	1,00	23
Р. Язгулем	1954	330,4		262,7	67,7	0,79	26
Все бассейны		6793,4		5872,5	920,9	0,65	21

Примечание. Пяндж (1) – правые притоки Пянджа выше устья р. Гунт, Пяндж (2) – правые притоки Пянджа ниже устья р. Ванч, Сырдария (1) – левые притоки от устья Аксу и ниже, Сырдария (2) – левые притоки Сырдарии от устья Карадарии до устья Аксу.



из каталогов ледников, составленных высококвалифицированными специалистами, что исключает предположение значительных ошибок. Тем не менее трудно объяснимыми являются выявленные темпы деградации оледенения (до 2,6%/год) и их районные различия в бассейнах левых притоков р. Сырдарии (более чем вдвое). Не ясны также причины аномально малых темпов деградации оледенения бассейнов правых притоков р. Пяндж ниже устья р. Ванч (0,32% в год) и бассейна р. Муксу (0,27% в год). Возможно, это связано с тем, что в этих и расположенных рядом бассейнах сосредоточены наиболее значительные узлы оледенения региона. Можно предположить, что наличие больших площадей ледниковой поверхности определяет существенно более низкий температурный фон и соответственно относительно малые темпы деградации оледенения. Не потому ли временной градиент среднелетней температуры на метеостанции Алтынмазар (бассейн р. Муксу) в 1962–1991 гг. оказался отрицательным относительно предыдущего десятилетия [102]? Может быть, и здесь проявляется механизм саморегулирования ледников: чем выше фоновая температура, тем в большей мере проявляется охлаждающий эффект ледниковой поверхности? В этой связи уместно напомнить, что в современных условиях охлаждающий эффект оледенения Гренландии приводит к сглаживанию «фоновых» температур на 5°C летом и на 15°C зимой [67, 103].

Говоря о причинах территориальных различий темпов деградации ледников и ледниковых систем, необходимо иметь в виду, что глобальное повышение температуры оказывает не прямое, а опосредованное влияние на состояние ледников через общую циркуляцию атмосферы, облачность, солнечную радиацию и локальную температуру [32, 33]. Нужно также учесть, что территориальная неоднородность режима ледников и их реакции на внешние воздействия в значительной мере определяются различиями условий снегонакопления и величин годовой аккумуляции твердых осадков. Эти контрасты особенно велики в мало- и умеренно снежных районах, к числу которых относится подавляющая часть горной территории Центральной Азии. В зависимости от ориентации бассейна, особенностей орографии и положения района в горной системе величины максимальных снеготолщин на сопоставимых высотах даже в расположенных рядом бассейнах могут разли-

чаться в несколько раз [104–106]. В этом одна из причин относительно большего высотного положения ледников и высоты линии нулевого баланса в малоснежных орографически закрытых и внутриворонных бассейнах [76, 104, 107].

Характерно также, что режим каждого отдельного ледника сугубо индивидуален и может значительно отличаться не только от осредненного для данной ледниковой системы, но и от режима ледника, расположенного рядом. Причины этих различий в значительной мере определяются влиянием большого разнообразия локальных факторов – от особенностей орографии и рельефа до морфологического типа ледника и экспозиции склона [67, 85] и др. Степень воздействия локальных факторов на основные гляциологические характеристики в значительной мере зависит от размеров ледника [104, 105, 107]: чем больше ледник, тем это влияние должно быть меньше. Так, обнаружено, что для всех горно-ледниковых районов зависимости высоты фирновой линии  $H_f$  от площади ледника  $F$  однотипны: по мере увеличения площади ледника диапазон колебаний высоты фирновой линии в данном районе быстро сокращается и, достигнув некоторого предела, в дальнейшем практически не изменяется (рис. 8),

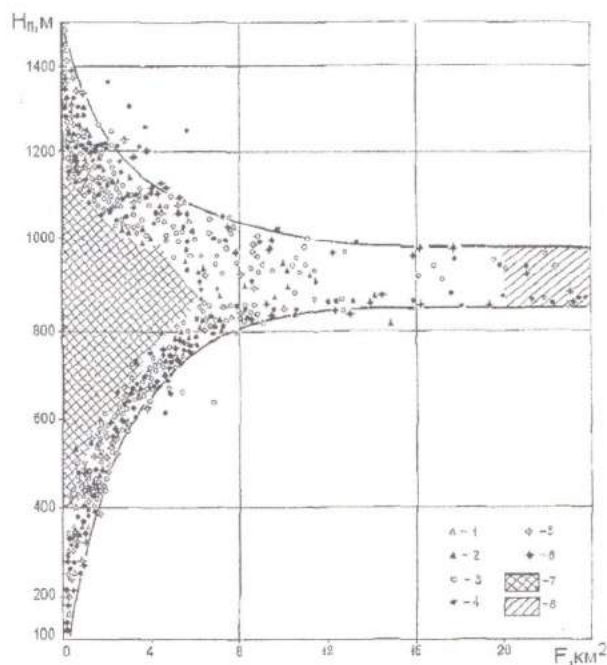


Рис. 8. Зависимость фирновой линии  $H_f$  от площади ледника  $F$ . 1 – Алтай, Саяны; 2 – Жетысуский Алатау; 3 – Тянь-Шань; 4 – Памир, Гиссаро-Алай; 5 – Большой Кавказ; 6 – Альпы; 7 – сплошное поле точек; 8 – зона, где площадь ледника показана в масштабе ( $F > 20$  км<sup>2</sup>)



при этом роль морфологии ледников не является решающей: однотипные ледники распространены во всем ледниковом диапазоне и с равной вероятностью могут появляться как у верхнего, так и у нижнего пределов последнего [76, 104, 106].

Как видно из рис. 8, зависимость  $H_{\phi} = f(F)$  имеет асимптотический характер: при  $F \geq 14 \text{ км}^2$  дальнейшее увеличение площади ледника практически не отражается на высоте фирновой линии. Это и понятно: с увеличением размеров ледника все в большей степени проявляется механизм его саморегулирования и на положении фирновой линии все меньше сказывается влияние локальных не климатических факторов и все более отчетливо проявляется роль макроклиматических условий, прежде всего типичное для района в целом соотношение суммарного теплоприхода и годовых сумм твердых осадков. Судя по характеру зависимостей  $H_{\phi} = f(F)$ , можно, по-видимому, считать, что на ледниках, площадь которых больше указанного критического предела, высота фирновой линии определяется преимущественно фоновыми макроклиматическими условиями данного района.

Аналогичная зависимость с тем же пороговым значением  $F$  обнаружена при сопоставлении среднегодовых темпов сокращения плановых размеров ледников ( $\Delta F\%/\text{год}$ ) и их площади  $F$  [27]. Однако, в отличие от рассмотренной зависимости  $H_{\phi} = f(F)$ , она не является универсальной: положение точек на поле зависимости  $\Delta F = f(F)$ , в том числе в зоне  $F > 14 \text{ км}^2$ , может изменяться со временем в зависимости от фазы развития оледенения. В период деградации ледников они будут смещаться в зону положительных значений  $\Delta F$ , а при наступлении ледников – в зону отрицательных значений. Неизменным остается лишь факт наличия порогового значения  $F$  ( $14 \text{ км}^2$ ), с превышением которого режим ледника определяется макроклиматическими условиями района при максимально ограниченном влиянии локальных факторов.

Анализ данных повторной каталогизации ледников Заилейско-Кунгейской и Джунгарской ледниковых систем показал, что:

1. Вопреки сложившимся представлениям [100, 108], нельзя однозначно полагать, что малые ледники сокращаются быстрее больших. Несмотря на влияние эффекта «бокового таяния», в зависимости от определяющих локальных условий темп их сокращения может быть значительно

больше либо меньше характерного для крупных ледников.

2. Темп сокращения площади ледников в значительной мере определяется их размерами, а площадь ледника  $F=13-14 \text{ км}^2$  является пороговой: с его превышением механизм саморегулирования ледника настолько выражен, что подавляет проявления всех факторов локального характера и его режим определяется макроклиматическими условиями района. Вероятно, именно ледники площадью больше указанного порогового значения представляют наибольший интерес для исследований взаимодействия оледенения и климата.

3. Режим каждого ледника сугубо индивидуален и может значительно отличаться не только от осредненного для данной ледниковой системы, но и от характеристик режима ледника, расположенного рядом. Использовать показатели гляциологического режима конкретного ледника для характеристики режима других, даже расположенных рядом ледников, рискованно. Различия могут быть не только значительными, но и иметь разный знак.

4. Темп деградации ледников практически не зависит от их экспозиции и морфологического типа. Территориальные различия темпов деградации ледников определяются, прежде всего, ориентацией макросклонов относительно сторон горизонта и господствующего направления атмосферного влагопереноса и положением района в горной системе. В условиях гор Казахстана и сопредельных стран Центральной Азии максимальные темпы деградации присущи оледенению южных макросклонов хребтов, а минимальные – внутриворонным и орографически закрытым бассейнам восточной ориентации, а также наиболее увлажненным бассейнам на западной периферии горных стран, благоприятно ориентированным относительно господствующего направления атмосферного влагопереноса. В первом случае очевидна решающая роль относительно более высокого температурного фона, присущего макросклонам южной ориентации. В двух последних случаях причиной замедленных темпов деградации ледников является относительно большая доля летних осадков в годовой их сумме: частые летние осадки, подавляющая часть которых в ледниковом диапазоне выпадает в твердом виде, способствуют «консервации ледников», существенно снижая интенсивность абляции льда.

**Влияние деградации оледенения на сток.**

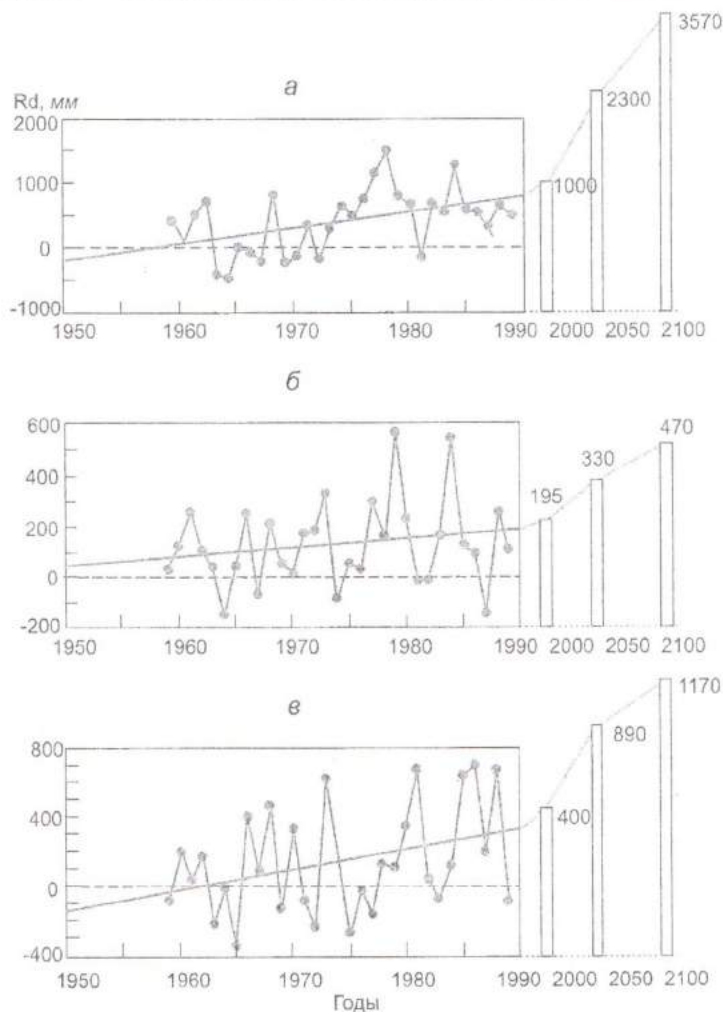
Вставая в дискуссию относительно содержания понятия «ледниковый сток», отметим, что мы придерживаемся определения, данного в Гляциологическом словаре [109], согласно которому под ледниковым понимается сток талых вод сезонного снега, фирна и льда, а также жидких осадков, поступающих в речную сеть с поверхности ледника. Ряд специалистов под ледниковым понимают лишь сток от таяния фирна и льда без учета талых вод сезонного снежного покрова на поверхности ледника. С учетом задач нашего исследования различия в трактовке термина «ледниковый сток» не имеют принципиального значения: нам важно понять изменения ледникового стока как следствие деградации оледенения и оценить, как эти изменения могут сказаться на водных ресурсах региона.

В научных публикациях преобладает мнение о том, что ледниковый сток должен увеличиваться по мере деградации ледников вследствие глобального потепления. В одном из последних

обобщений [67] задача заключалась в расчете не всего ледникового стока, а лишь той его части, которая составляет добавок стока в сравнении со стационарным балансом массы. Это означает, что в условиях потепления и деградации оледенения речь идет о расчете стока деградации  $R_d$ , который численно равен текущему (как правило, отрицательному) балансу массы. Расчет стока деградации состоит в использовании данных наблюдений за изменением баланса массы ледников, который имеет тенденцию к уменьшению при потеплении (рис. 9) [67]. Аналогичные тенденции изменений стока деградации выявляются и по результатам измерений на шести ледниках Норвегии, вполне надежно характеризующих режим оледенения районов с типично морским климатом (Береговой хребет США и Канады, прибрежные районы Аляски, Исландии, Шпицбергена и др.) [67].

Исходя из тенденции изменения температуры воздуха по данным метеостанций Тянь-Шаня и предполагая в последующем тот же линейный

**Рис. 9.** Современные тенденции стока деградации  $R_d$  и его прогнозируемые величины согласно этой тенденции, вычисленные по результатам измерений на леднике Туяксу (а), Сарытор (б) и № 1 (в)





тренд, сделано заключение [67], что в Центральной Азии средняя годовая температура воздуха к 2100 г. может повыситься на  $1,5^{\circ}\text{C}$ , а к 2350 г. — на  $4,5^{\circ}\text{C}$ . Объем стока деградации к 2100 г. увеличится в 3,3 раза относительно 1975 г., но в последующий период вследствие быстрого сокращения площади ледников будет уменьшаться (см. рис. 9). В конечном итоге изменения оледенения, связанные с «парниковым» потеплением климата, будут иметь в основном негативные геоэкологические последствия. Изменения структурно неустойчивых ледниковых покровов «морского» типа могут привести к их распаду, возможно, к катастрофическому, следствием чего будет сравнительно быстрое повышение уровня моря (на 5–7 м за десятки лет), тогда как горное оледенение умеренных широт перейдет в условия экстремального режима с резко отрицательным (до  $-3 - -5$  м/год) балансом массы и почти целиком исчезнет. Объем стока горных рек сильно сократится (из-за потери ледниковых ресурсов), что приведет к негативным для сельскохозяйственного производства последствиям [67]. Напомним, что речь здесь шла о стоке деградации — добавке в сток в сравнении с ледниковым стоком при стационарном балансе массы, численно равной текущему балансу массы; расчет же прогнозных изменений оледенения и стока деградации выполнен в предположении сохранения в будущем современных темпов повышения температуры и сокращения площади оледенения.

Ожидания увеличения стока на современном этапе развития оледенения вполне логичны: потепление климата обеспечивает относительно больший слой стаивания снега и льда и соответственно больший объем талого стока. Но на каком-то этапе неизбежно должна произойти смена знака процесса: убыль ледникового стока вследствие сокращения площади ледника может превзойти упомянутую прибавку за счет увеличения слоя стаивания. Судя по имеющимся данным, в условиях Центральной Азии эта смена знака в соотношении результирующих обоих процессов произошла давно и в настоящее время преобладающим процессом является последовательное сокращение ледникового стока по мере потепления климата. Так, сток с ледника Туяксу (Северный Тянь-Шань) за последние десятилетия уменьшался пропорционально сокращению его площади [29]. При устойчивости норм годовых и сезонных сумм осадков, максимальных

снегозапасов и речного стока доля ледниковой составляющей в суммарном стоке р. Усек в Жетысуском Алатау в течение последних десятилетий также последовательно сокращалась [110]. Аналогичный характер изменения ледникового стока выявлен в бассейнах рек Зеравшан и Вахш [66].

Рассматривая возможное влияние деградации оледенения на речной сток и региональные водные ресурсы, следует оценить изменения ледникового стока, связанные с глобальным потеплением. В этом случае речь должна идти не о суммарном ледниковом стоке и даже не величинах  $R_d$ , а о тех его изменениях, которые обусловлены глобальным потеплением. Для оценки этих изменений мы, воспользовавшись данными об изменении площади ледника Туяксу за период между двумя последовательными фотограмметрическими съемками (1958 и 1998 гг.) и данными определений ежегодного баланса массы ледника, сопоставили прибавку стока вследствие увеличения слоя стаивания как реакции на повышение летней (июнь–август) температуры воздуха вследствие глобального потепления, с одной стороны, и величину потерь ледникового стока за счет сокращения площади ледника за указанный период — с другой. Оказалось, что эти величины соотносятся как 1 к 150, т.е. прибавка к стоку за счет увеличения слоя стаивания вследствие глобального потепления несоизмеримо мала в сравнении с убылью стока вследствие сокращения площади ледника. По-видимому, даже с учетом кумулятивного эффекта ежегодного повышения температуры (при прочих равных условиях слой стаивания в каждый последующий год будет больше характерного для предыдущего года) результирующим итогом современного потепления климата является сокращение ледникового стока. Очевидно, что при сохранении нынешних тенденций потепления климата процесс сокращения ледникового стока будет продолжаться.

На этом фоне кажется странным тот факт, что средние многолетние величины (нормы) стока главных рек Центральной Азии, в том числе Амударии, Сырдарии, Иле, за последние полвека, как минимум, оставались устойчивыми [28, 34, 48, 100]). В течение того же периода, несмотря на значимое сокращение годовой аккумуляции снега на ледниках Тянь-Шаня, например [67], нормы атмосферных осадков и максимальных снегозапасов в зоне формирования стока оставались



устойчивыми [28, 73, 111–114]. Не изменилось за этот период и внутригодовое распределение стока [115]). Все это дает основание предположить наличие некоего компенсационного механизма. Исследования, основанные на анализе данных повторной фотограмметрической съемки группы ледников и температурного режима сезонно- и многолетнемерзлых грунтов в Заилейском Алатау, дают основания полагать, что таким механизмом может быть все большее (по мере потепления климата) участие в формировании речного стока талых вод подземных льдов. При этом решающим является сток талых вод погребенных льдов: с 1958 по 1998 г. их объем для ледника Туяксу составил около 20% от объема стока с открытой части ледника. За тот же период еще около 5% от объема стаивания снега и льда на открытой части ледника поступило в сток вследствие частичного протаивания многолетнемерзлых пород в том же горно-ледниковом бассейне [28]. Следует учесть, что доля талых вод погребенных льдов в речном стоке по мере деградации оледенения увеличивается, поскольку все большая часть ледниковой поверхности переходит в состояние погребенной. Так, в Заилейской ледниковой системе (северный склон Заилейского Алатау и бассейн р. Шылек) с 1955 по 1990 г. доля открытой части ледников в суммарной их площади сократилась на 13,6%. Соответственно возросли доли площади погребенных льдов и их вклада в формирование стока.

Принимая во внимание, что запасы подземных льдов в высоких горах Средней Азии и Казахстана эквивалентны современным ледниковым ресурсам [116], а в горах Китая превышают их вдвое [95, 117], а также учитывая тот факт, что темпы стаивания подземных льдов значительно ниже в сравнении с характерными для открытой поверхности ледников, мы полагаем, что даже при сохранении нынешних тенденций потепления климата действие упомянутого компенсационного механизма может растянуться на несколько столетий. Заметим также, что в условиях Центральной Азии вряд ли следует ориентироваться на значительное сокращение водных ресурсов вследствие деградации оледенения еще и по той причине, что главным источником формирования ледникового (как и суммарного) стока является талый сток сезонного снежного покрова: в суммарном годовом стоке с ледника Туяксу, например, на его долю приходится не менее

70%, тогда как за счет таяния вековых запасов льда формируется не более 30% [29].

Оптимизм внушает и то, что, согласно результатам анализа кернов льда с ледников Тянь-Шаня, более половины годовой аккумуляции в ледниковом поясе гор (выше 3700 м) формируется за счет испарения с внутренних источников влаги.

Это позволяет заключить, что Центральная Азия – саморегулируемая система, где горные районы (зона формирования стока) остаются в устойчивом состоянии: испарение обеспечивает «местные» осадки, которые, в свою очередь, сдерживают рост температуры [49].

Все это дает основания надеяться, что продолжающаяся деградация оледенения не приведет к значительному сокращению стока и региональных водных ресурсов, по крайней мере, в течение ближайших десятилетий. Разумеется, этот оптимистический вывод нуждается в дополнительном обосновании, что потребует постановки комплекса целенаправленных исследований, скоординированных на международном и региональном уровне. В этой связи заслуживают внимания геокриологические исследования, прежде всего мониторинг термического режима сезонно- и многолетнемерзлых пород и совершенствование методов оценки запасов подземных льдов. Очевидно, настало время, когда погребенные ледники и многолетнемерзлые толщи следует рассматривать не только как индикатор климатических изменений и неблагоприятный фактор с точки зрения интересов хозяйственного освоения высокогорий, но и как стратегический ресурс формирования стока.

Таким образом, для стран Центральной Азии проблемы воды и вероятных последствий глобального потепления климата для природной среды, экономики и населения представляют особый приоритет. Уровень современных знаний по обеим проблемам явно не отвечает задачам обеспечения устойчивого экологически сбалансированного развития стран региона, что наряду с неопределенностью перспектив вероятных изменений даже в ближайшем будущем таит угрозу региональной безопасности.

Проблема воды во всех странах Центральной Азии остается ключевой и в этой связи исследования современной и прогнозной динамики компонентов гляциосферы зоны формирования стока, прежде всего оледенения и снежности, приобретают особую актуальность. Несмотря на



постоянное внимание к проблеме изменения климата, уровень неопределенности вероятных изменений климата и их последствий для природной среды населения и экономики остается высоким.

Есть основания считать, что ледники – один из наиболее ярких индикаторов климатических изменений и в определенной мере реакции природной среды зоны формирования стока на глобальное потепление. Из 120,6 тыс. км<sup>2</sup> общей площади ледников Азии 116,2 тыс. км<sup>2</sup> (96%) приходится на оледенение высоких гор.

Быстро нарастающий дефицит пресной воды и реальная перспектива весьма драматичных последствий продолжающегося глобального потепления для населения и экономики выдвигают оценку современных и прогнозных изменений снежно-ледовых ресурсов в ряд наиболее приоритетных проблем глобального масштаба. Данные наблюдений, поступившие в Мировую службу мониторинга ледников, и содержание соответствующих научных публикаций не оставляют сомнения в том, что оледенение Земли, начиная с середины XIX в., находилось в состоянии преимущественной деградации. Особенно интенсивная деградация оледенения во многих горно-ледниковых районах наблюдалась с начала 1970-х годов, второй всплеск увеличения темпов деградации ледников в большинстве районов мира отмечен в середине 1990-х годов.

Отклик ледников на изменения климата наиболее ярко проявляется в колебаниях показателей годового баланса их массы, поэтому мониторинг баланса массы ледников является основой оценки современных и прогнозных изменений оледенения и их возможного влияния на окружающую среду и водные ресурсы.

Вместе с тем режим отдельного ледника сугубо индивидуален и наблюдения за балансом его массы могут не вполне адекватно характеризовать изменения оледенения горно-ледникового бассейна либо района. В связи с этим заслуживают внимания усилия по составлению унифицированных каталогов ледников с интервалом максимум в несколько десятилетий. Только сравнительный анализ данных последовательных каталогов ледников позволяет объективно оценить изменения ледовых ресурсов целостных ледниковых систем как реакцию на изменения климата и на этой основе выявить закономерности и причины территориальных различий динамики

оледенения Земли. В пределах Азиатского субконтинента повторные каталоги ледников составлены для Заилейско-Кунгейской ледниковой системы (по состоянию на четыре-шесть временных срезов с 1955 по 1999 г.), оледенения Тянь-Шаня (бассейн р. Сырдарии) и Памиро-Алая в границах бывшего СССР (по состоянию на 1956 и 1980 гг.) и оледенению Китая (начало 1980-х и начало 2000-х годов). Составлен также первый каталог ледников Индийских Гималаев. Созданы унифицированных по содержанию повторных каталогов ледников с интервалом максимум 2–3 десятилетия на основе анализа данных космического мониторинга и методов ГИС-технологий следует признать одной из приоритетных задач современной гляциологии. В этой связи было бы желательным участие гляциологов Евразии в разработке проекта GLIMS, ориентированного, в частности, на создание каталога ледников мира.

Существующая сеть регулярного мониторинга ледников Азии явно не адекватна задачам оценки современных и прогнозных изменений оледенения и их возможного влияния на региональные водные ресурсы. В настоящее время имеется лишь 18 ледников, где продолжительность ежегодных измерений баланса массы превысила 20 лет. На 11 из них наблюдения по разным причинам прекращены в 1980-х – 1990-х годах и в настоящее время сохранились лишь на трех ледниках Алтая, двух ледниках Тянь-Шаня и двух ледниках Кавказа. В этих условиях задачами на ближайшую перспективу должно стать стремление восстановить прерванные наблюдения на ледниках Абрамова (Памиро-Алай), Кара-Баткак и Голубина (Тянь-Шань) и организовать подобные наблюдения на дополнительных ледниках, особенно на Тибете, в Гималаях, горах Памира, Каракорума.

Сравнительный анализ опубликованных результатов исследований динамики горного оледенения за последние десятилетия позволяет заключить, что значительные межрегиональные контрасты темпов деградации ледников обусловлены многими факторами, среди которых, помимо типа климата (теплый морской – холодный континентальный), наиболее значимы ориентация макросклона горного хребта относительно стран света и господствующего направления атмосферного влагопереноса, а также положение горно-ледникового бассейна в горной системе (периферия – внутригорные орографически закрытые районы).



Влияние этих факторов так велико, что темпы деградации оледенения даже расположенных рядом частных бассейнов могут различаться более чем вдвое. Вместе с тем различия в оценках могут быть связаны и с использованием разных исходных данных: в одних случаях это данные о всей площади ледника, включая покрытую мореной, в других данные о площади только открытой его части (чистый лед). Опыт показал, что в зависимости от типа исходных данных результаты оценок могут различаться более чем вдвое. В целом же темпы сокращения ледниковых ресурсов мира остаются высокими и в последнее десятилетие в большинстве ледниковых районов явно возросли.

Степень устойчивости ледников к воздействию внешних факторов в значительной мере определяется их размерами. В районах с глубоко расчлененным рельефом площадь ледника  $F=14 \text{ км}^2$  является пороговой: с ее превышением механизм саморегулирования ледника настолько выражен, что подавляет проявления всех факторов локального характера и его режим определяется макроклиматическими условиями района при максимально ограниченном влиянии локальных факторов. Вероятно, именно ледники площадью больше указанного порогового значения представляют наибольший интерес для исследований взаимодействия оледенения и климата.

И без того редкая сеть режимного мониторинга снежного покрова в горах существенно сокращена в 80—90-х годах прошлого века, особенно в странах бывшего СССР. Наиболее слабо изучены закономерности распределения и режим снежного покрова высокогорных районов (выше 3000–3200 м), где сосредоточено более 50 % снежных ресурсов зоны формирования стока плавных рек Центральной Азии. В связи с этим заслуживают повышенного внимания исследования закономерностей распределения и режима снежного покрова высокогорий на специально созданных снегомерных полигонах с применением метода теплового проявления снеготопливных запасов и данных космического мониторинга.

С учетом возросшей роли подземных льдов как стратегического ресурса пресной воды в условиях деградации оледенения необходимо усилить исследования по оценке реакции вечной мерзлоты на изменения климата с оценкой запасов подземных льдов и их роли в формировании стока.

Заслуживают специального внимания и исследования современных изменений климата. Ряд аспектов этой проблемы разработан недостаточно, особенно в части оценки влияния антропогенно измененных ландшафтов и урбанизированных территорий на формирование полей характеристик климата. Есть основания надеяться, что результаты этих исследований могут существенно скорректировать сложившиеся представления о современных и прогнозных изменениях климата и их последствий для состояния природной среды, населения и экономики.

Успешное решение перечисленных задач возможно лишь при организации хорошо скоординированных исследований и тесной кооперации ученых заинтересованных стран. В связи с этим считаем целесообразным создать сеть тестовых горно-ледниковых бассейнов стран Евразии с организацией целенаправленных исследований по скоординированной программе с применением единых согласованных методов мониторинга и измерений исследуемых характеристик, созданием региональных базы данных мониторинга и информационной системы.

Для координации исследований по проблемам оценки климатически обусловленных изменений снежности, оледенения и многолетней мерзлоты зоны формирования стока и их возможного влияния на региональные водные ресурсы было бы желательным создание регионального гляциологического центра под эгидой ЮНЕСКО с научным советом из высококвалифицированных ученых заинтересованных стран Евразии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Shiklomanov I.A.* Global Renewable water resources. Water a looming crisis? Proceeding of the International Conference on World Water Resources at the Beginning 21st Century. UNESCO, Paris, 1998. P. 3-14.
2. "International Hydrological Programme" IHP (<http://www.unesco.org/water/ihp/index.shtml>) – UNESCO.
3. International Programme "The Man and Biosphere" (MAB) (<http://www.unesco.org/mab/>) – UNESCO.
4. "Water, Environment and Sanitation Programme (WES)" (<http://www.unicef.org/wes/>).
5. UNICEF Programme (<http://www.childinfo.org/eddb/water.htm>).
6. UNICEF Programme (<http://www.childinfo.org/eddb/health.htm>).
7. "Global International Waters Assessment" (GIWA) (<http://www.giwa.net/>).
8. UNDP Programme (<http://www.undp.org/energyandenvironment/>).
9. UNDP Programme (<http://www.undp.org/drylands/>).



10. UNDP Programme (<http://ppput.undp.org/>).
11. "Global Environment Monitoring System, Freshwater Quality Programme (GEMS/WATER)" (<http://www.gemswater.org/>).
12. "Water resources, development and management for agriculture" (<http://www.fao.org/landandwater/aglw/>).
13. FAO Programme (<http://www.fao.org/landwater/>).
14. Land and Water management" - FAO (<http://www.fao.org/ag/agl/watershed/watershed/en/mainen/index.stm>).
15. "Water Resources Management"-WB ([http://www/worldbank.org/water](http://www.worldbank.org/water)).
16. "Water supply and sanitation" WB (<http://www.worldbank.org/html/fpd/water/>).
17. "Water, Sanitation and Health Programme"(WSH) - WHO ([http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/en/)).
18. "Hydrology and Water Resources Programme" (HWR) ]-WMO (<http://www.wmo.ch/web/homs/index.html>).
19. Water for People, Water for Life. The United Nations World Water Development Report. 2003. 576 p.
20. News water portal update 2005, #111: Drylands.
21. News water portal update #117: Water and salinization/desalinization)-October, 2005.
22. UNESCO Water portal weekly update. 2005, # 113 (October 2005)].
23. (<http://www.unhabitat.org/mediacentre/documents/wwf18.pdf>).
24. World Water Assessment Programme (WWAP) - ([http://www.unesco.org/water/wwap/facts\\_figures/mdgs.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/facts_figures/mdgs.shtml)).
25. UNESCO water portal weekly update # 102 (July 2005).
26. ICG 2002: Central Asia: Water and Conflict. International Crisis Group. Asia Report № 34. 2002. 47p.
27. Северский И.В., Токмагамбетов Т.Г. Современная деградация оледенения гор Юго-Восточного Казахстана // Гидрометеорология и экология. Алматы, 2004. № 1.
28. Severskiy I.V., Kokarev A.L., Severskiy S.I., Tokmagambetov T.G., Shagarova L.V., Shesterova I.N. Contemporary and prognostic changes of glaciation in Balkhash Lake basin. Almaty, 2006. 68 p.
29. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. Алматы, 2001. 252 с.
30. Долгушин Л.Д., Осипова Г.Б. Ледники. М., 1989. 447 с.
31. Aizen V., Aizen E., Malock J. Climate, snow cover, glaciers and runoff in Tien Shan, Central Asia // Water resources bulletin. 1995. December. V. 31, N 6. P.128.
32. Aizen V., Aizen E. Hydrological cycles on the north and south peripheries of mountain-glacial basins of Central Asia // J. Hydrological processes. 1997. V. 11. P. 451-469.
33. Aizen V.B., Aizen E.M. Glaciers and snow cover in Central Asia as indicators of climate change in earth-ocean-atmosphere system // Regional hydrological Response to Climate Warming. Kluwer academic Publ. 1997. P. 269-285.
34. Aizen V.B., Aizen E.M., Malock J.M., Dozier J. Climate and Hydrologic Changes in the Tien Shan, Central Asia // Journal of Climate. 1997. V. 10, N 6. P. 1393-1404.
35. UNEP, 2005. Severskiy I.V., Chervanyov I., Ponomarenko Y., Novikova N.M., Miagkov S.V., Rautalahti E., Daler D. Aral Sea, GIWA Regional assessment 24. University of Kalmar, Kalmar, Sweden. 2005. 87 p.
36. Severskiy I.V. Water-related Problems of Central Asia: Some Results of the GIWA Assessment Program. / AMBIO. A Journal of the Human Environment. 2004. Feb. V. 33, N 1. P. 52-62.
37. SPECA-Report: Strengthening cooperation for rational and efficient use of water and energy resources in Central Asia. UNITED NATIONS. New York, 2004. 75 p.
38. Кипшақбаев Н.К., Соколов В.И. Водные ресурсы бассейна Аральского моря – формирование, распределение, использование // Водные ресурсы Центральной Азии. Ташкент, 2002. С. 63-67.
39. Bohner A., Giese E., Gang Z. Die autonome Region Xinjiang (RV China) – Eine ordnungspolitische und regionlokomische Studie(Band II). Zentrum fur regionale Entwicklungsforschung der Justus-Leibing-Universitat Giessen / Schriften 73. Lit Verlag Munster-Hamburg-London. 1999. 112 p.
40. Giese E., Sehring J. Troughine Zwischenstaache Wassernutzungskongskonflikte in Zentralasien. Zentrum fur internationale Entwicklungs- und Umweltforschung. Diskussionsbeitrage / Discussion Papers / Giessn. 2004. N18.
41. Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии. Обзор. Алматы: UNDP-Kazakhstan, 2004. 131 p.
42. Рамазанов А.М. Водные ресурсы Казахстана: проблемы и перспективы использования // Мелиорация и водное хозяйство. 2004. № 1. С. 10-15.
43. Рябцев А.Д., Ахметов С.К. Водные ресурсы Казахстана: проблемы и перспективы использования // Гидрометеорология и экология. 2002. № 1. С. 51-73.
44. Сарсенбеков Т.Т., Нурушев А.Н., Кожжаков А.Е., Оспанов М.О. Использование и охрана трансграничных рек в странах Центральной Азии. Алматы, 2004. 271 с.
45. Голубцов В.В., Ли В.И., Скоцеляс И.И. Об использовании модели формирования стока для оценки влияния антропогенных изменений климата на ресурсы поверхностных вод // Гидрометеорология и экология. 1996. № 4. С. 132-137.
46. Скоцеляс И.И., Голубцов В.В., Ли В.И. Использование, уязвимость и возможные пути адаптации ресурсов поверхностных вод бассейна Ишима в условиях антропогенных изменений климата // Гидрометеорология и экология. 1997. № 3. С. 91-100.
47. Сорокин А.Г. Моделирование процессов управления водными ресурсами трансграничных рек Сырдарьи и Амударьи // Мелиорация и водное хозяйство. 2002. № 1. С. 48-53.
48. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. Ташкент: САНИГМИ, 2000. 252 с.
49. Aizen V.B., Aizen E.M., Kuzmichenok V.A. Geo informational simulation of possible changes in Central Asian water resources // Global and Environmental Change. Special issue: Northern Eurasia Climate and Environmental Change. 2006. P. 1-11.
50. IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change- Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 p.
51. Бултеков Н.У., Есеркепова И.Б., Кжсахмет П.Ж., Пиманкина Н.В., Северский И.В. Климат // Республика Казахстан. Т. I. Природные условия и ресурсы. Алматы, 2006. С. 215-235.
52. Долгих С. А. О многолетних тенденциях термического режима на территории Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. 1995. №3. С. 68-77.
53. Есеркепова И.Б., Пилифосова О.В., Чичасов Г.Н., Шамен А. Об исследовании влияния глобального потепления



на природные ресурсы и экономику Казахстана и действия по смягчению негативных последствий возможных изменений климата // Гидрометеорология и экология. 1996. №2. С. 58-75.

54. Будыко М.И. Антропогенные изменения климата. Л.: Гидрометеоздат, 1987. 405 с.

55. Будыко М.И., Гройсман П.Я. Ожидаемые изменения климата СССР к 2000 г. // Метеорология и гидрология. 1991. №4. С. 84-94.

56. Изменчивость климата Средней Азии / Под ред. Ф. А. Муминова, С. И. Инагамовой. Ташкент, 1965. 215 с.

57. Guisan A., Tessier L., Holten J.I., Haerberli W., Baumgartner M. Understanding the impact of Climate Change on Mountain Ecosystems: an overview / In Guisan A., Holten J.I., Tessier (ed.), Potential Ecological Impacts of Climate Change in the Alps and a Fennoscandian Mountains. Geneva, 1995. P. 15-37.

58. Price M.F., Barry R. Climate change. In: Messerli B. and Ives J.D. (ed.) Mountains of the World. A Global Priority: New-York – London, 1997. P. 409-445.

59. Воронина Л.А. Влияние изменения климата на урожайность озимой пшеницы в Казахстане // Гидрометеорология и экология. 1997. № 3. С. 73-78.

60. Госсен Э.Ф., Мизина С.В., Joel B. Smith. Некоторые аспекты развития зернового хозяйства Казахстана с учетом возможного изменения климата // Гидрометеорология и экология. 1997. №3. С. 50-63.

61. Долгих С.А., Пилифосова О.В. О методах оценки ожидаемых изменений глобального климата и сценарии изменения климата Казахстана // Гидрология и экология. 1996. № 4. С. 94-109.

62. Мизина С.В., Есеркепова И.Б., Сутюшев В.Р. Оценка уязвимости урожайности пшеницы в Северном Казахстане при возможных изменениях климата // Гидрометеорология и экология. 1997. №3. С. 64-72.

63. Спекторман Т.Ю. Оценка возможных экстремальных значений температуры воздуха и осадков по территории Узбекистана для условий климатического сценария // Бюллетень САНГИМИ. Оценка изменений климата по территории Республики Узбекистан, развитие методических положений оценки уязвимости природной среды. 1999. Вып. 5. С. 75-82.

64. Чичасов Г.Н., Шамен А.М. Долгопериодные изменения климата и их последствия для зернового хозяйства Казахстана // Гидрометеорология и экология. 1997. № 3. С. 29-41.

65. Фазизов К.Ш., Асанбаев И.К. О влиянии глобального потепления климата на экологические показатели и географию почв Казахстана // Гидрометеорология и экология. 1997. №2. С. 160-169.

66. Котляков В.М. (ред.) Оледенение Северной и Центральной Евразии в современную эпоху. М.: Наука, 2006. 482 с.

67. Котляков В.М. Снежный покров и ледники Земли. Избранные сочинения. Кн. 2. М.: Наука, 2004. 447 с.

68. Broecker W.S. Climate Change: are we on the brink of a pronounced global warming? // Science. 1975. V. 189. P. 460-463.

69. Болюх Т., Марченко С. Значение ледников, каменных пьестеров и насыщенной льдом вечной мерзлоты Северного Тянь-Шаня как водонапорной башни в условиях изменения климата: Доклад на международном семинаре «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии». Алматы, 28-30 ноября, 2006. (в печати).

70. Сю Джиянчу, Эрун Шестра, Мэтс Эрикссон. Изменения климата и их воздействие на ледники и управление

водными ресурсами в Гималаях: Доклад на Международном семинаре «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии». Алматы, 28-30 ноября 2006 (в печати).

71. Aizen V.B., Aizen E.M., Surazakov A.B., Kuzmichenok V.A. Assessment of Glacial Area and Volume Change in Tien shan (Central asia) During the Last 150 years Using Geodetic, Aerial Photo, ASTER and SRTM Data. Annals of Glaciology, 2006. V. 43.

72. WWF Nepal Program, Sandeep Chamling Rai (coordinator), Trishna Gurung (ed.), Arun. B. Shrestha, Rajesh Kumar, Yongping Shen. An Overview of Glaciers Retreat, and Subsequent Impacts in Nepal, India and China. March, 2005.

73. Благовещенский В.П., Пиманкина Н.В. Колебания снежности в горных районах Юго-Восточного Казахстана // Гидрометеорология и экология. 1997. №3. С. 187-197.

74. Финаев А.Ф. Анализ гидрометеорологических наблюдений в Таджикистане за период 1990–2005 гг. Доклад на международном семинаре «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии». Алматы, 28-30 ноября, 2006 (в печати).

75. Ibragimov A.A. Necessary of requirement for supervision for an agriculture and combating with drought // The Report of regional seminar GCOS for the Central Asia on improvement of observation systems over a climate. Almaty, on May, 24-26, WMO/TR №1248. 2004. P. 51-53.

76. Severskiy I.V. To the Problem of Climate Change. Reports of Ministry of Science and Higher Education, National Academy of Sciences, Republic of Kazakhstan, 1999. V. 2. P. 83-96.

77. Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. М.: ВИНТИ, 1995. 471 с.

78. Кренке А.Н. Антропогенные изменения географической закономерности и их влияние на соотношение тепла и влажности в климатической системе // Изв. АН СССР. Сер. географ. 1989. №3. С. 43-50.

79. Schroder H., Severskiy I.V. (Ed.) Water resources in the Basin of the Ili River (Republic of Kazakhstan). Mensch&Bush Verlag. Berlin, 2004. 310 p.

80. Гречаниченко Ю.Ю. Подстилающая поверхность и термический режим Азиатского материка. СПб., 1991. 16 с.

81. Адаменко В.Н. Климат больших городов: (обзор). Обнинск, 1975. 71 с.

82. Вдовин Б.И., Царев А.М. Исследования острова тепла над алюминиевым заводом // Тр. ГГО. 1987. Вып. 511. С. 102-107.

83. Климат Москвы. Л.: Гидрометеоздат, 1969. 323 с.

84. Кратцер П.А. Климат города. М.: ИЛ, 1958. 239 с.

85. Кренке А.Н. Массообмен в ледниковых системах на территории СССР. М.: ГИМИЗ, 1982. 286 с.

86. Ландсберг Г.Е. Климат города. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 248 с.

87. Накаво Масасиши. Изучение ледников в широком контексте: сокращение летней аккумуляции на ледниках Азии и условия жизни людей в низовьях рек: Доклад на международном семинаре «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии». Алматы, 28-30 ноября. 2006. (В печати.)

88. Винников К.Я. Чувствительность климата. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 60 с.

89. Dyurgerov M.B., Meier M.F. Glaciers and the Changing Earth System: A 2004 Snapshot. Institute of Arctic and Alpine Research University of Colorado. ISTAAR Occasional Paper 58. 2005. 117 p.

90. Tsvetkov D.G., Osipova G.B., Xie Zichu, Wang Zhongtai, Y. Ageta, P. Baast. Glaciers in Asia // Into the second century



of worldwide glacier monitoring: prospects and strategies. UNESCO Publishing, 1998. P. 177-196.

91. *Takeuchi N., Uetake K., Fujita V., Aizen S. Nikitin.* A snow algal community on Akkem Glacier in the Russian Altai Mountains // *Annals of Glaciology*. 2006. V. 43.

92. *Яо Тандонг, Ванг Юкинз, Лиу Шинг, Пу Йанчен.* Современная ситуация с сокращением ледников в Китае и его воздействие на водные ресурсы Северо-Западного Китая: Доклад на международном семинаре «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии». Алматы, 28-30 ноября. 2006 (в печати)

93. *Snow in hydrology*. 1998.

94. *Dyurgerov M.B.* Mountain glaciers are at risk of extinction // U. M. Huber H. K. M. Bugmann and M. A. Reasoner (eds.): *Global Change and Mountain Regions. An overview of current knowledge*. 2005. P. 177-184.

95. *Haerberli W.* Mountain glaciers in global climate-related observing systems // U. M. Huber H. K. M. Bugmann and M. A. Reasoner (eds.): *Global Change and Mountain Regions. An overview of current knowledge*. 2005. P. 169-176.

96. Изменение климата. Обобщенный доклад. Вклад рабочих групп I, II, III в подготовку Третьего доклада об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата. ВМО, ЮНЕП, 2001. 510 с.

97. *Dyurgerov M.B.* Glacier mass balance and regime: Data of measurements and analysis. Institute of Arctic and Alpine Research University of Colorado ISTAAR 2002.

98. *Dyurgerov M.B., Meier M.* Glacier mass balance, climate and sea level changes // МГИ. 2006. №100. С. 24-37.

99. *Батыров Р.С., Яковлев А.В.* Мониторинг горных ледников некоторых районов Гиссаро-Алая с использованием космоснимков ASTER TERRA // *Гляциология горных областей*. Труды НИГМИ. 2004. Вып. 3(248). С. 22-27.

100. *Глазырин Г.Е.* Сведения о системе гидрометеорологического мониторинга в Узбекистане: Доклад на международном семинаре «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии». Алматы, 28-30 ноября. 2006 (в печати).

101. *Кузьмиченок В.А.* Мониторинг водных и снежно-ледовых ресурсов Кыргызстана: Доклад на международном семинаре «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии». Алматы, 28-30 ноября. 2006 (в печати).

102. *Агальцева Н.А., Коновалов В.Г.* Ожидаемые изменения размеров оледенения и стока при различных сценариях будущего климата Земли // *Биржа интеллектуальной собственности*. 2005. Т. IV, № 8. С. 37-47.

103. *Чижов О.П.* Оледенение Северной полярной

области. М.: Наука, 1976. 240 с.

104. *Северский И.В.* Проблема оценки заснеженности и лавинной опасности горной территории: Автореф. дис. ... докт. географ. наук. М., 1982. 37 с.

105. *Северский И.В., Северский Э.В.* Снежный покров и сезонное промерзание грунтов Северного Тянь-Шаня. Якутск, 1990. 180 с.

106. *Северский И.В., Се-Зичу, Благовещенский В.П.* и др. Снежный покров и лавины Тянь-Шаня. Алматы, 2000. 178 с. (на английском языке).

107. *Severskiy I.V.* On a procedure of evaluating average annual sums of solid precipitation on an equilibrium line of glaciers // 34 selected papers on main ideas of the Soviet glaciology, 1940s-1980s. Minsk, 1997. P. 347-354.

108. *Ходаков В.Г.* Некоторые особенности таяния небольших ледников и снежников. Тепловой и водный режим снежно-ледниковых толщ. М.: Наука, 1965. С. 81-86.

109. *Котляков В.М.* (ред.) *Гляциологический словарь*. Л.: Гидрометеоздат, 1984. 528 с.

110. *Вилесов Е.Н., Морозова В.В.* Дегляциация и изменение ледникового стока в бассейне р. Усек в Джунгарском Алагау // *Гидрометеорология и экология*. 2004. № 3. С. 89-95.

111. *Артемова С.С., Царев Б.К.* Климатические изменения зимнего периода в горах Западного Тянь-Шаня. «Риск-2003». Ташкент, 2003. С. 138-142.

112. *Браун Л., Хааг В.* Современное и будущее воздействие снежного покрова и ледников на сток в горных районах – сравнение между Альпами и Тянь-Шанем: Доклад на международном семинаре «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии». Алматы, 28-30 ноября. 2006. 18 с. (в печати).

113. *Пиманкина Н.В.* Тенденции изменения характеристик снежности казахстанской части Тянь-Шаня за последние 30 лет // *Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан*. Алматы, 1998. С. 75-79.

114. *Пиманкина Н.В.* Снежный покров как рекреационный ресурс гор Юго-Восточного Казахстана // *Вестник КазГУ. Сер. геогр.* 2000. № 2. С. 162-170.

115. *Гальперин Р.И.* К вопросу об изменении речного стока с северного склона Заилийского Алагау // *Вестник КазНУ. Сер. географ.* 2003. № 1(16). С. 22-27.

116. *Горбунов А.П., Северский Э.В.* Сели в окрестностях Алматы. Взгляд в прошлое. Алматы, 2001. 79 с.

117. *Синх Пратап.* Роль снега и ледников в гидрологии и водных ресурсах: краткий обзор: Доклад на международном семинаре «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии». Алматы, 28-30 ноября 2006 (в печати).

УДК 556.5:504.4.062.2(574)

И. М. МАЛЬКОВСКИЙ, Л. С. ТОЛЕУБАЕВА, Ж. А. АКИМЖАНОВ

## ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КАЗАХСТАНА

Су пайдаланушылардың дамуына байланысты гидроэкологиялық қиыншылық туындауы сурақтары қарыстырылады. Табиғи сурарының ластануы және олардың азаюынан Қазақстанға тигізетін гидроэкологиялық қауыптарына талдау жүргізледі табиғи-шаруашылық жүйелердің гидроэкологиялық жағдайларына жүйелік баға ұсынады. Гидроэкологиялық тәуекел және өзгендер ағындысынын бузулу критериясы бойынша Қазақстанның сегіз табиғи-шаруашылық жүйе алаптарына баға берілген.

Рассматриваются вопросы возникновения гидроэкологических кризисов в связи с развитием водопользования. Анализируются гидроэкологические угрозы в Казахстане, обусловленные истощением и загрязнением природных вод. Предлагается система оценок гидроэкологических ситуаций в природно-хозяйственных системах. Дается оценка восьми бассейновых природно-хозяйственных систем Казахстана по критериям нарушения речного стока и гидроэкологического риска.

The problems of origination of hydroecological crises connected with the development of water use are considered in this article. The hydroecological threats in Kazakhstan conditioned by exhaustion and pollution of natural waters are analyzed. The system of estimations of hydroecological situations in the natural economic systems is proposed. Eight natural economic systems of Kazakhstan are assessed by the criteria of the river flow disturbance and hydroecological risks.

**Развитие водопользования и гидроэкологические кризисы.** При анализе истории и разнообразия взаимодействия общества и природы можно выделить кризисы, обусловленные истощением и загрязнением природных вод, – гидроэкологические кризисы. Гидроэкологические кризисы возникали во все исторические эпохи – от античной до современной – на основе самых разных технологий водопользования практически в любых природных зонах. Все это позволяет считать, что возникновение гидроэкологических кризисов носит закономерный характер [1]. Известно, что катастрофическое засоление почв в результате избыточного орошения закончилось тысячи лет назад упадком земледелия в Междуречье [2]. Аналогичные процессы происходят сейчас во многих регионах планеты.

Мировую известность получил Аральский гидроэкологический кризис, приведший к практическому исчезновению Аральского моря – третьего по величине бессточного водоема планеты [3, 4]. Существуют три аспекта гидроэкологического кризиса: ресурсный, геоэкологический и социально-экономический [1, 5].

Ресурсный аспект включает в себя проблемы, связанные с истощением и загрязнением природных вод, используемых обществом в процессе промышленной, сельскохозяйственной и промысловой деятельности. Это истощение вод-

ных ресурсов в результате использования в технологических процессах, в том числе при их загрязнении, которое представляет собой снижение запасов чистой воды при использовании их для разбавления коммунально-бытовых и хозяйственных стоков.

Геоэкологический аспект очень тесно связан с ресурсным, но отличается от него углом зрения, под которым анализируется та или иная проблема. Здесь главным является не прямое истощение используемых водных ресурсов, а опосредованное изменение в ходе водохозяйственной деятельности состояния и функционирования природных комплексов и компонентов. В первую очередь, речь идет об изменении климата, снижении биоразнообразия, устойчивости географических систем и др. Все эти процессы являются не только результатом, но и следствием водохозяйственной деятельности. Изменение климата, снижение устойчивости биосферы происходят не из-за целенаправленных усилий человека в этом направлении, а представляют собой опосредованный результат его водохозяйственной деятельности.

Социально-экономический аспект акцентирует внимание на социально-демографических, экономических, технологических причинах и последствиях истощения и загрязнения природных вод и изменения окружающей среды. К нему относятся такие проблемы, как рост населения на фоне ограниченной ресурсной базы, усиление



разрыва в уровне жизни в разных регионах планеты, развитие потенциально опасных технологий, рост политической нестабильности при существующей структуре ресурсного и финансового обмена и др.

Основным звеном, связующим природные воды и общество, «экологию и экономику», является процесс водопользования. Действительно, он зависит как от социально-демографических факторов (численность населения, экономические явления, технологии), так и от природных причин (запасы и интенсивность естественного возобновления ресурсов, колебания климата и др.). Именно в процессе водопользования происходят истощение и загрязнение ресурсов природных вод, результатом чего становится, во-первых, трансформация структуры и функционирования географической оболочки (изменение климата, опустынивание, потеря биоразнообразия) и, во-вторых, изменение социально-экономической и демографической обстановки (снижение уровня и качества жизни, увеличение заболеваемости и т.д.). В свою очередь, эти явления через контуры обратных связей влияют на дальнейшее развитие водопользования (увеличение затрат на очистку воды, переориентация на новые технологии). Поэтому постановка во главу угла процесса водопользования позволяет объединить все три аспекта гидроэкологического кризиса: ресурсный, природный и социально-экономический.

Снижение потенциала природных вод может произойти не только по антропогенным, но и по естественным причинам: из-за изменения клима-

та, сейсмической и вулканической деятельности. В новых условиях при прежнем объеме и эффективности водопользования тоже развивается гидроэкологический кризис, для выхода из которого обществу необходимо либо снизить количество используемых ресурсов, либо начать вкладывать больше средств в их восстановление. Так, при аридизации климата человеку приходится либо развивать орошаемое земледелие, либо сократить богарное земледелие. Полагают, что именно такое изменение климата привело к упадку Парфянского царства в III в. н.э. в связи с сокращением продуктивности сельского хозяйства, чему общество не могло противостоять [1].

Таким образом, нарушение равновесия в водопользовании и развитие гидроэкологических кризисов могут произойти не только в результате водохозяйственной деятельности людей, но и по другим антропогенным и естественным причинам. Это позволяет предложить простейшую типологию гидроэкологических кризисов по их генезису (рис. 1) [5].

**Гидроэкологические угрозы в Республике Казахстан.** Республика относится к наименее водообеспеченным государствам Центрально-Азиатского региона. В перспективе ожидается сокращение ресурсов трансграничного стока в республику в связи с хозяйственной деятельностью в Китае, России, Узбекистане, Кыргызстане. Дополнительную угрозу устойчивому водообеспечению создает вероятное сокращение ресурсов местного стока вследствие глобальных и региональных изменений климата.



Рис. 1. Типология гидроэкологических кризисов по их генезису



Оживление экономики Казахстана неизбежно столкнется с проблемой дефицита водных ресурсов. В этих условиях особую актуальность приобретают проблемы:

- разрешения межгосударственных конфликтов в использовании ресурсов трансграничных рек;
- предотвращения развития очагов экологической нестабильности, обусловленных истощением и загрязнением природных вод;
- адаптации водоемких отраслей экономики к антропогенно и климатически обусловленному изменению ресурсов природных вод.

На территории республики насчитывается около 39 тыс. рек и временных водотоков. Большая часть рек Казахстана принадлежит к внутренним замкнутым бассейнам Каспийского и Аральского морей, озер Балкаш, Алаколь и Тениз. Только р. Ертис относится к бассейну Северного Ледовитого океана.

На современном уровне изученности поверхностных вод норма стока всех рек Казахстана оценивается в 100,5 км<sup>3</sup>/год, из которых 56,5 км<sup>3</sup> формируется на территории республики и 44,0 км<sup>3</sup> – в сопредельных странах. В работах тридцатилетней давности среднемноголетний речной сток республики оценивался в 126,0 км<sup>3</sup>/год, из которых 66,8 км<sup>3</sup>/год составлял местный сток и 59,8 км<sup>3</sup>/год – трансграничный. Причинами нестационарности речного стока принято считать глобальные и региональные изменения климата, а также хозяйственную деятельность в сопредельных государствах. За счет снижения трансграничного стока ожидается дальнейшее уменьшение располагаемых водных ресурсов республики до 86 км<sup>3</sup>/год к 2010 г. и до 75 км<sup>3</sup>/год к 2020 г. [6].

За последние 50 лет в Казахстане отмечается тенденция роста температуры воздуха и изменения сумм атмосферных осадков. При прогнозируемом изменении климата следует ожидать сокращения местного стока в основных бассейнах республики на 10–20% с увеличением повторяемости маловодий и катастрофических наводнений.

С начала 70-х годов прошлого века наступил период интенсивной деградации горного оледенения республики. В бассейне оз. Балкаш площадь ледников сократилась на 1300 км<sup>2</sup>, или на 35% по отношению к ее величине в 1955 г. В результате ледниковый сток последовательно уменьшался в последние десятилетия по мере снижения площади оледенения.

Уровень Аральского моря продолжает уменьшаться. Среднегодовой уровень моря в 2007 г. составил 28,73 м абс., при этом соленость в западной котловине Большого моря стабилизировалась на значениях 82–90 г/л. Среднегодовой уровень Малого моря в 2007 г. составил 42,0 м абс. при внутригодовой амплитуде 25 см.

Ожидается, что в ближайшие три десятилетия колебания уровня Каспия будут происходить от –26,0 до –30,0 м БС, при этом наиболее вероятно положение уровня к 2030 г. на отметках от –27,8 до –28,5 м БС [7].

В Казахстане насчитывается более 48 тыс. озер общей площадью водной поверхности 4500 км<sup>2</sup> и объемом около 190 км<sup>3</sup>. По условиям водообмена в республике преобладают бессточные озера. В связи с естественной динамикой увлажненности и хозяйственной деятельностью наблюдаются переходы пресных озер в состояние соленых, периодическое пересыхание озер или их полное исчезновение.

В Казахстане разведано 623 месторождения подземных вод различного целевого назначения. Общая величина разведанных эксплуатационных запасов составляет 15,8 км<sup>3</sup>/год. Пресные воды составляют около 81% разведанных запасов, что свидетельствует о значительных потенциальных возможностях обеспечения населения республики подземными водами, в том числе и питьевого качества.

Качественное состояние практически всех водных объектов республики неудовлетворительное. К числу загрязнителей относятся химические нефтеперерабатывающие предприятия, цветная металлургия, сбросы коммунального хозяйства и коллекторно-дренажные воды. Подземные воды также вовлечены в процесс загрязнения, ухудшение качества отмечается на многих месторождениях.

Для трансграничных бассейнов Казахстана качественный состав речных вод в значительной мере формируется в сопредельных государствах: Китае, России, Узбекистане, Кыргызстане. В республике отмечается ухудшение качества вод по течению рек.

Анализ причинно-следственных связей возникновения и развития кризисных ситуаций в природно-хозяйственных системах (ПХС) зон неустойчивого и недостаточного увлажнения позволил выявить доминирующую роль водного фактора в комплексе экологически дестабилизи-



рующих процессов. В ряду антропогенных изменений природной среды преобразования речного стока его географические, экологические и социально-экономические последствия выделяются наиболее резко. Это определяется тем, что речной сток – один из наиболее утилизируемых в современном производстве природных ресурсов, в то же время весьма чувствительных к антропогенным воздействиям.

В настоящее время среди антропогенных факторов, воздействующих на речной сток, особенно выделяются изменение подстилающей поверхности водосбора, создание аккумулирующих емкостей и гидроузлов, безвозвратное использование поверхностных вод в процессе производства и сброс отходов хозяйственной деятельности в водотоки и водоемы.

Подавляющее число функций, выполняемых речным стоком в ПХС, так или иначе связаны с его объемом, межгодовой и внутригодовой изменчивостью, а также качественным составом вод. Все эти основные характеристики стока в настоящее время существенно преобразованы человеческой деятельностью.

По функциональному назначению возобновляемые запасы речного стока разделяются на природную и ресурсную составляющие: соответственно экологический потенциал и производственный ресурс. Определение указанных составляющих речного стока является политическим решением, основанным на необходимости сбалансирования экономических, социальных и экологических аспектов развития страны. В настоящее время нормативы экологического потенциала и производственного ресурса речных вод республики установлены в размерах 37,5 и 63,0 км<sup>3</sup>/год [8]. В расчетное критическое маловодье норматив экологического потенциала речного стока снижается до 28,6 км<sup>3</sup>/год, производственного ресурса – до 39,5 км<sup>3</sup>/год. К экологическому потенциалу речных вод следует отнести также сток низкой обеспеченности, невостребованный в сфере хозяйственной деятельности. Среднегодовалая величина его при современном уровне зарегулированности речного стока республики составляет около 13,0 км<sup>3</sup>/год при максимальном значении 52,0 км<sup>3</sup>/год.

В структуре производственного ресурса речного стока выделяются располагаемый ресурс, непосредственно используемый в технологических процессах, и непроизводительные потери,

связанные с транспортировкой и хранением ресурса. Эти показатели составляют соответственно 46,0 и 17,0 км<sup>3</sup>/год в средних по водности условиях, 29,7 и 9,8 км<sup>3</sup>/год в критические маловодья. Установленные нормативы распределения стока со временем могут корректироваться в связи с климатически и антропогенно обусловленным изменением запасов речного стока, появлением новых водосберегающих технологий в производстве, изменением экологических требований к поверхностным водам.

В настоящее время экологический потенциал речного стока республики расходуется в основном на поддержание приемлемых водно-солевых режимов окраинных и внутренних бессточных водоемов, а также на обеспечение санитарных и природоохранных попусков в речной сети.

Производственный ресурс речного стока расходуется отраслями водного хозяйства на удовлетворение спроса на воду населения и экономики. В структуре водного хозяйства республики вычлняются отрасли-водопотребители и отрасли-водопользователи. Первые из них используют ресурсы речного стока с отводом их из гидрографической сети. К их числу относятся орошаемое земледелие, коммунально-бытовое, промышленное и сельскохозяйственное водоснабжение. Водопользователи осуществляют свою деятельность в пределах водного объекта (речной сети). К ним относятся гидроэнергетика, судоходство, рыбное хозяйство, рекреация.

В аспекте решения проблем сбалансированного водообеспечения на территории Республики Казахстан вычлняются восемь природно-хозяйственных систем, организованных по бассейновому принципу: Арало-Сырдаринская, Балкаш-Алакольская, Ертисская, Есильская, Жайык-Каспийская, Нура-Сарысуская, Тобыл-Торгайская, Шу-Таласская.

Выделенные системы классифицируются [9] (рис. 2):

- по географическому положению на трансграничные и национальные;
- по гидрологическим признакам на бессточные, сточные, проточные;
- по экологическому статусу на экологически кризисные, особого государственного значения, пр.;
- по водохозяйственной специализации на энерготранспортные, ирригационно-энергетические, ирригационные, транспортно-рыбохозяйственные, обводнительно-водоснабженческие.





Рис. 2. Классификация ПХС Казахстана

Гидроэкологические проблемы конкретных бассейнов республики специфичны и, очевидно, требуют индивидуальных подходов для их решения.

**Система гидроэкологических оценок ПХС.** Повышенное внимание к проблемам охраны окружающей среды в последние десятилетия вызвало активное развитие гидроэкологического направления исследований в системе естественных наук. Первый съезд гидроэкологов бывшего Союза состоялся в апреле 1990 г. в Москве, на котором была создана Ассоциация гидроэкологов СССР и принята «Концепция о природных водах» [4].

В материалах конференции констатировалось, что «гидроэкология – это особый вид мировоззрения, когда признается необходимость ограничения потребностей человека, сбалансированного и гармоничного развития общества с окружающей географической средой». При этом отмечалось, что точно установленного определения гидроэкологии не существует.

На конференции географов в Московском государственном университете в апреле 2002 г. отмечалось развитие антропоцентрического и биоцентрического подходов в водно-экологическом направлении исследований. Предлагалось в противовес «водной экологии», относящейся к комплексу биологических дисциплин, ввести в перечень географических дисциплин гидроэкологию, занимающуюся исследованием экологической безопасности водных объектов в условиях активной хозяйственной деятельности и минимизации в них экологических рисков [10]. Отмечалась необходимость проведения дискуссии о водно-экологическом и гидроэкологическом направлениях исследований, развивающихся на стыке геоэкологии, гидрологии, гидробиологии и экологии.

В настоящей статье гидроэкология трактуется как раздел геоэкологии, предметом изучения которой является область взаимодействия общества и природных вод суши в целях гармонизации и оптимизации этих отношений. Соответ-



ственно под гидроэкологической проблемой понимается сложный теоретико-практический вопрос в области отношений «общество – природные воды суши», требующий изучения и разрешения.

Бассейновой природно-хозяйственной системой в настоящей статье называется сложное образование, включающее элементы природы, хозяйства и населения, территориально организованное по бассейновому принципу. Природные воды суши представляют собой узловое звено ПХС, управление которым позволяет в определенной степени направленно изменять экологические и социально-экономические аспекты развития и функционирования ПХС.

Водопользователем ПХС называется совокупность водоемких компонентов ПХС (производственных, социальных, природных), предъявляющих специфические требования к водоемке (количественные, качественные, режимные).

Водоисточником ПХС называется совокупность водных объектов, потенциально возможных для удовлетворения требований на воду водопользователей ПХС. Водоисточник ПХС по функциональному назначению включает три составляющие:

- производственный потенциал речного стока – ресурсы речного стока, возможные к использованию как природное сырье для производства продукции в ПХС;
- социальный лимит потребления стока – ресурсы речного стока, необходимые для жизнеобеспечения населения в ПХС;
- экологический лимит стока – ресурсы речного стока, обеспечивающие стабильность функционирования и развития природных компонентов ПХС.

Сбалансированное водопользование с позиций концепции устойчивого развития ООН трак-

туется как удовлетворение современных требований на воду ПХС без ущерба способности удовлетворения перспективного спроса на воду ПХС, с учетом ограниченности и уязвимости ресурсов природных вод, а также справедливого подхода к интересам различных водопользователей.

Под гидроэкологическими ситуациями в ПХС в настоящей статье понимается совокупность наиболее важных свойств «водопользователя» и «водоемке» ПХС, включая различные (в том числе противоречивые) взаимоотношения между ними на определенном этапе развития. В качестве интегральной характеристики гидроэкологических ситуаций в ПХС предложен критерий гидроэкологической безопасности ПХС, отражающий степень удовлетворения спроса «водопользователя», с одной стороны, и степень сохранности свойств самоподдержания (самоорганизации и саморегуляции) «водоемке» – с другой (рис. 3).

В качестве гидрологических критериев второго уровня для оценки геоэкологических ситуаций в ПХС предложены критерии нарушения речного стока и риска водообеспечения ПХС. В качестве показателя количественных изменений стока принят коэффициент снижения современной нормы стока относительно нормы условно-естественного периода. Этот показатель в целом по Казахстану составляет по разным оценкам 18–20%. В качестве режимной характеристики речных систем – степени проточности – одним из основных показателей можно считать осредненную водообменность, представляющую собой время обновления речного стока в гидрографической сети в долях года. За счет сооружения регулирующих водохранилищ естественная водообменность речных систем Казахстана снизилась в 10 раз. Этот показатель для Европы, например, составляет 6,7, для Азии – 14,3, для суши



Рис. 3. Критерии оценки гидроэкологических ситуаций в ПХС



в целом – 4,9 [11]. Антропогенное изменение водообменности речных систем увеличило на 20% устойчивый сток республики, что позволило повысить водообеспеченность населения и хозяйства страны. Однако при этом возросли непроизводительные потери воды, а также проявились негативные экологические последствия изменения естественного режима стока.

В настоящее время наиболее распространенной является шестиступенчатая классификация классов качества вод, в основе которой лежат гидрохимические и гидробиологические показатели [12]. Согласно этой классификации воды Арало-Сырдаринской, Есильской, Тобыл-Торгайской и Шу-Таласской ПХС для питьевых и ряда производственных целей требуют сложной подготовки. Воды Балкаш-Алакольской, Ергисской, Нура-Сарысуской ПХС даже после подготовки непригодны для питьевого водоснабжения, рыбоводства, рекреации и использования в производстве. Воды Жайык-Каспийской ПХС могут быть лишь условно использованы для орошения и охлаждения, но непригодны для других целей [12].

Критерий нарушения речного стока является интегральным показателем, отображающим антропогенные преобразования объема, режима и качества речного стока. Количественная оценка нарушения речного стока осуществляется путем интеграции частных критериев снижения нормы стока (индекс  $\alpha$ ), водообменности речных систем (индекс  $\beta$ ), качества вод (индекс  $\gamma$ ) на основе принципов квалиметрии:

$$\omega = \alpha v_{\alpha} + \beta v_{\beta} + \gamma v_{\gamma},$$

где  $v_{\alpha}$ ,  $v_{\beta}$ ,  $v_{\gamma}$  – относительный вес частных критериев.

На рис. 4 представлена антропогенная нарушение речного стока по восьми ПХС Республики Казахстан [13].

Критерий риска водообеспечения ПХС учитывает объективное существование фактора неопределенности при удовлетворении спроса на воду ПХС, обусловленного вероятной изменчивостью речного стока и неконтролируемой хозяйственной деятельностью. Количественным измерением риска  $R$  является математическое ожидание годовых объемов дефицитов (избытков) воды в ПХС в долях спроса на воду, т.е.

$$R = \int_0^U P(u) du,$$

где  $P(u)$  – вероятность дефицита воды в ПХС по относительному числу бесперебойных лет;  $U$  – максимальный дефицит воды в ПХС (уязвимость) в долях спроса на воду ПХС.

Составляющими обобщенного критерия риска являются системные показатели надежности и уязвимости водообеспечения ПХС. Под надежностью понимается вероятность безотказного удовлетворения спроса на воду ПХС по относительному числу бесперебойных лет. Уязвимость характеризует максимальную глубину перебоя в ПХС (дефицита либо избытка воды) в долях спроса на воду [5].

Важнейшей характеристикой гидроэкологической ситуации ПХС являются показатели водообеспеченности природного и хозяйственного компонентов ПХС, для оценки которых предложены критерии гидроэкологического и водохозяйственного рисков. Степень риска водообеспечения природного и хозяйственного компонентов ПХС определяется правилами межкомпонентного распределения речного стока в условиях дефицита водных ресурсов. Соответственно риск водообеспечения ПХС представляется как совокупность водохозяйственного и гидроэкологического рисков.

В соответствии с общей концепцией риска водообеспечения ПХС гидроэкологический риск оценивается как средневзвешенное значение дефицита воды в ПХС, относимого на природный компонент ПХС. По аналогии водохозяйственный риск представляет собой средневзвешенное значение дефицита воды в ПХС, относимого на хозяйственный компонент ПХС. Для получения обобщенных оценок критерии гидроэкологического и водохозяйственного рисков представляются в безразмерном виде в долях спроса на воду.

Согласно принятой схеме гидроэкологический и водохозяйственный риски определяются по формулам:

$$R_{\text{э}} = \int_0^{U_{\text{э}}} P(U) dU; \quad R_{\text{х}} = \int_{U_{\text{э}}}^U P(U) dU.$$

Необходимым условием оценки ПХС по критериям гидроэкологического и водохозяйственного рисков является обоснование принципов разрешения конфликта интересов «экономики и экологии» в ПХС в периоды дефицита воды.

На рис. 5 представлена оценка водообеспеченности бассейновых ПХС Республики Казахстан [13].



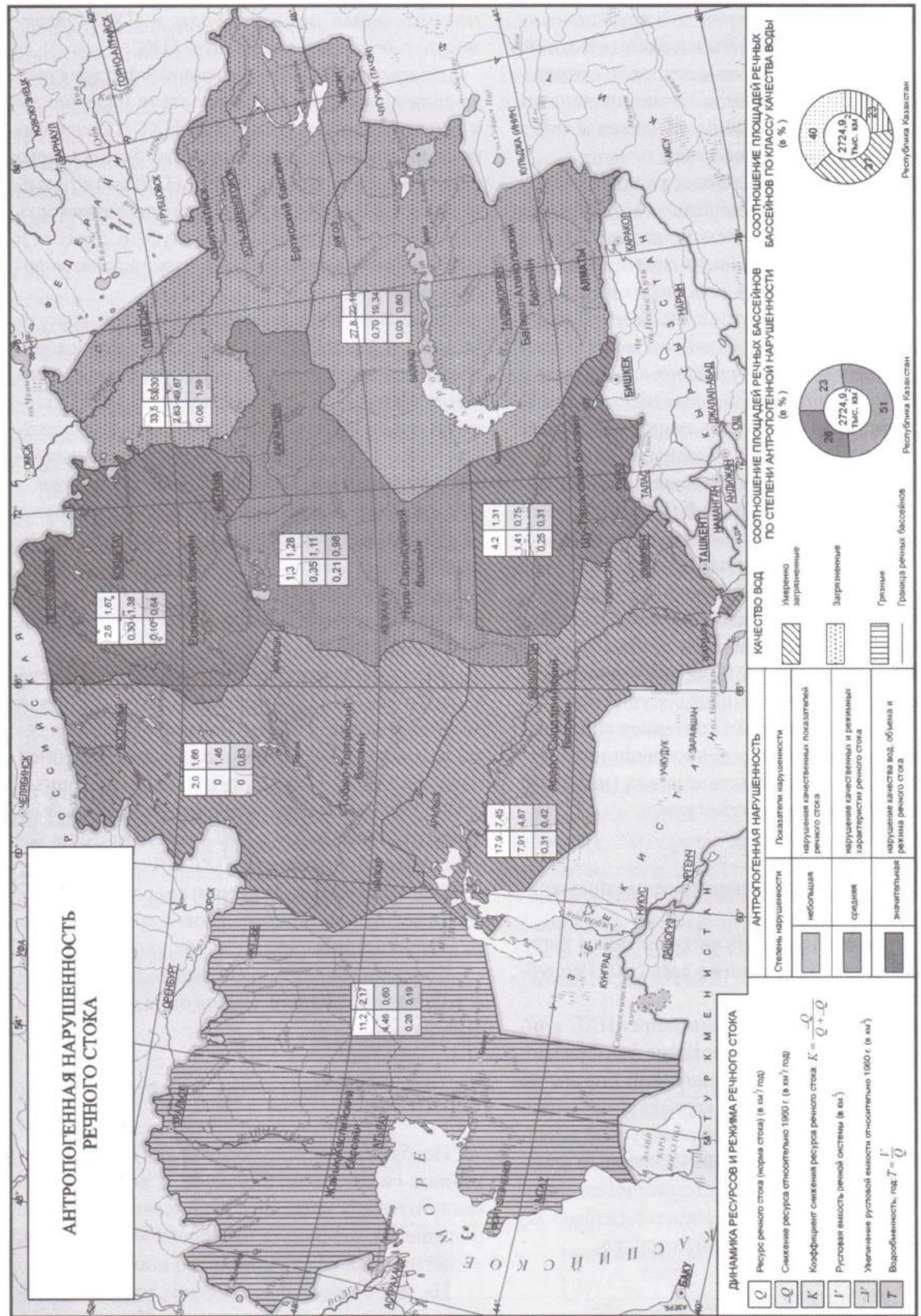


Рис. 4. Антропогенная нарушенность речного стока Казахстана



Рис. 4. Антропогенная нарушенность природно-хозяйственных систем

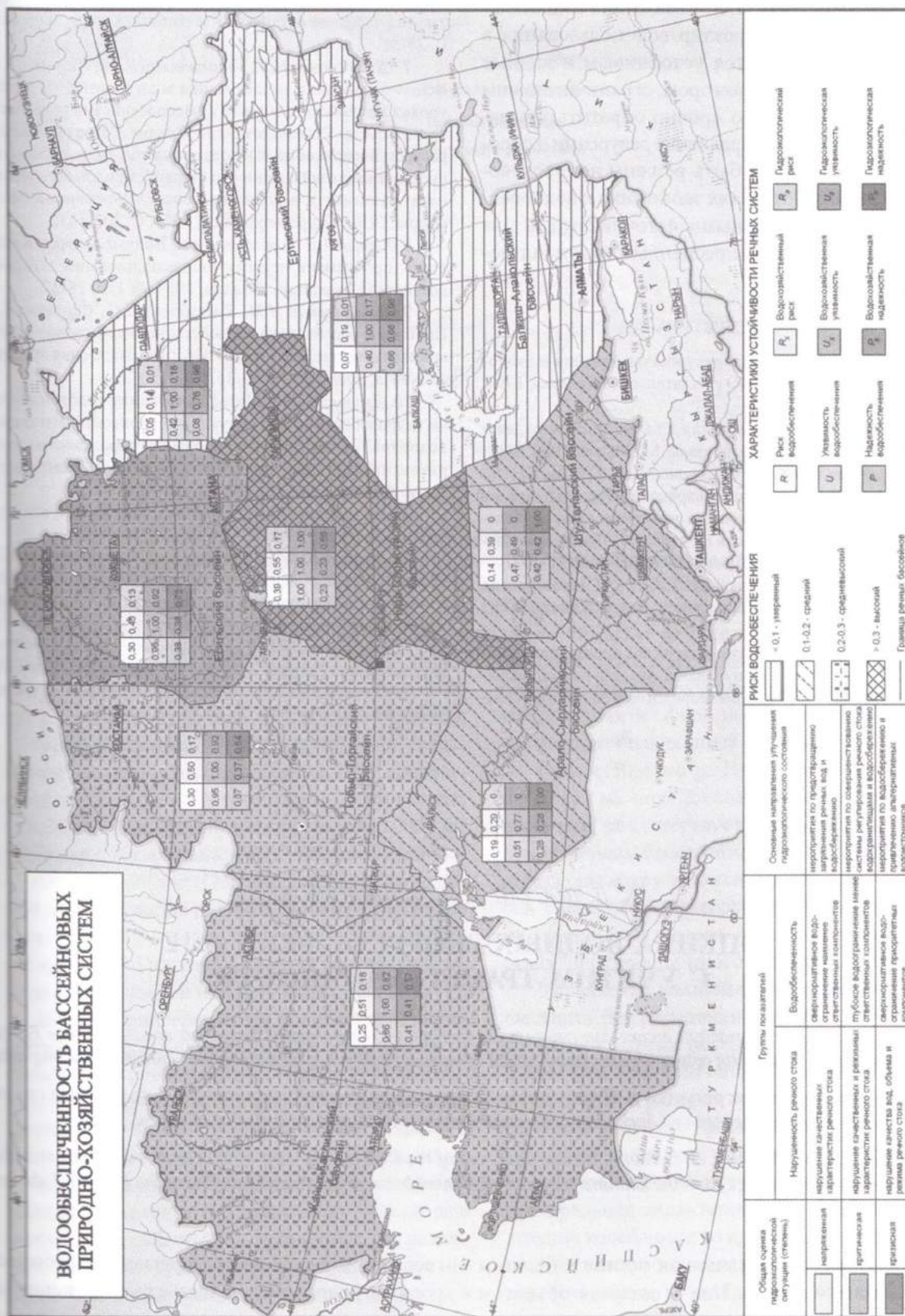


Рис. 5. Водобеспеченность бассейновых ПХС Казахстана



Выполненная оценка геозкологических ситуаций в бассейновых ПХС Казахстана свидетельствует о том, что характер водопользования в республике не является устойчивым и водные ресурсы становятся фактором, ограничивающим развитие. Необходимо срочно обратить внимание на интенсивное управление ресурсами и спросом на них. Должны быть решены вопросы водосбережения в отраслях экономики и водообеспечения альтернативными источниками, в том числе подземными и опресненными минерализованными водами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Люри Д.И. Развитие ресурсопользования и экологические кризисы. М.: ООО «Издательство Дельта», 1997. С. 1-6.
2. Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. М.: Мысль, 1988. 524 с.
3. Султангазин У.М., Мукитанов Н.К., Гельдыева Г.В., Мальковский И.М. Концепция сохранения и восстановления Аральского моря и нормализации экологической и социально-экономической ситуации в Приаралье // Проблемы освоения пустынь. Ашхабад: Ылым, 1991. № 3-4. С. 97-107.
4. Турсунов А.А. От Арала до Лобнора: (Гидроэкология бессточных бассейнов Центральной Азии). Алматы: ТОО "Верена", 2003. 384 с.
5. Толеубаева Л.С. Геозкологическая оценка природно-хозяйственных систем Республики Казахстан по гидрологическим критериям // Гидрометеорология и экология. Алматы, 2006. № 2. С. 44-57.

6. Кеншимов А.К., Ибатуллин С.Р., Заурбек А.К. Проблемы использования водных ресурсов в Республике Казахстан // Водное хозяйство Казахстана. Астана, 2005. № 4. С. 23-31.
7. Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю., Шалыгин А.Л. Водно-балансовые исследования многолетних колебаний уровня Каспийского моря // VI Всероссийский гидрологический съезд. Тезисы докладов. Секция 3. Водный баланс, ресурсы поверхностных и подземных вод, гидрологические последствия хозяйственной деятельности и изменений климата: уязвимость и адаптация социально-экономической сферы. СПб.: Гидрометеоздат, 2004. С. 202-203.
8. Рябцев А.Д., Кеншимов А.К. Водные ресурсы Казахстана: проблемы и перспективы использования // Водное хозяйство Казахстана. Алматы, 2004. № 1. С. 18-27.
9. Мальковский И.М., Толеубаева Л.С., Сорокина Т.Е. Проблемы устойчивого водообеспечения природно-хозяйственных систем Казахстана // Проблемы освоения пустынь. Ашхабад, 2001. №2. С. 30-35.
10. Дмитриев В.В. Методологические проблемы оценки гидроэкологических ситуаций внутриконтинентальных водоемов // Современные проблемы гидроэкологии внутриконтинентальных бессточных бассейнов Центральной Азии. Алматы, 2003. С. 13-18.
11. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду. М.: Наука, 1986. С. 24-26, 70-74.
12. Бурлибаев М.Ж., Муртазин Е.Ж., Тажмагамбетов Е.А. О некоторых проблемах загрязнения трансграничных рек Казахстана в Центрально-Азиатском регионе // Доклады к международной научно-практической конф. «Современные проблемы гидроэкологии внутриконтинентальных бессточных бассейнов Центральной Азии». Алматы: Каганат, 2003.
13. Республика Казахстан. Т. 3. Окружающая среда и экология. Алматы, 2006. С. 94-95.

УДК 551.524.34

Ж. Д. ДОСТАЙ, С. К. АЛИМКУЛОВ

**ОЦЕНКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕКИ ИЛЕ С УЧЕТОМ ТРАНСГРАНИЧНОСТИ**

*Траншекаралық жағдайын есепке ала отырып Іле өзенінің су ресурстарын бағалауға арналған және Балқаш көлінің деңгейлік режимінің орнықтылығы үшін қытай аумағынан келетін су көлемінің рөлі арнайы қарастырылған.*

*Дана оценка водных ресурсов р. Иле с учетом ее трансграничности рассмотрена роль объемов стока с китайской части водосборного бассейна для устойчивого уровня режима оз. Балқаш.*

*Article is devoted to the estimation of water resources of the Ile River in view of its transborder character. Role of the volume of discharge from the Chinese part of a catchment basin for the steady regime of the Balkash Lake level is considered.*

Основная составляющая водного баланса оз. Балқаш – сток р. Иле – остается объектом постоянного внимания и немалых споров среди ученых, политиков, возникающих в связи с его

геозкологической ролью в регионе. В этом свою роль сыграло трансграничное расположение бассейна реки, охватывающее территории двух соседних государств – Республики Казахстан (РК

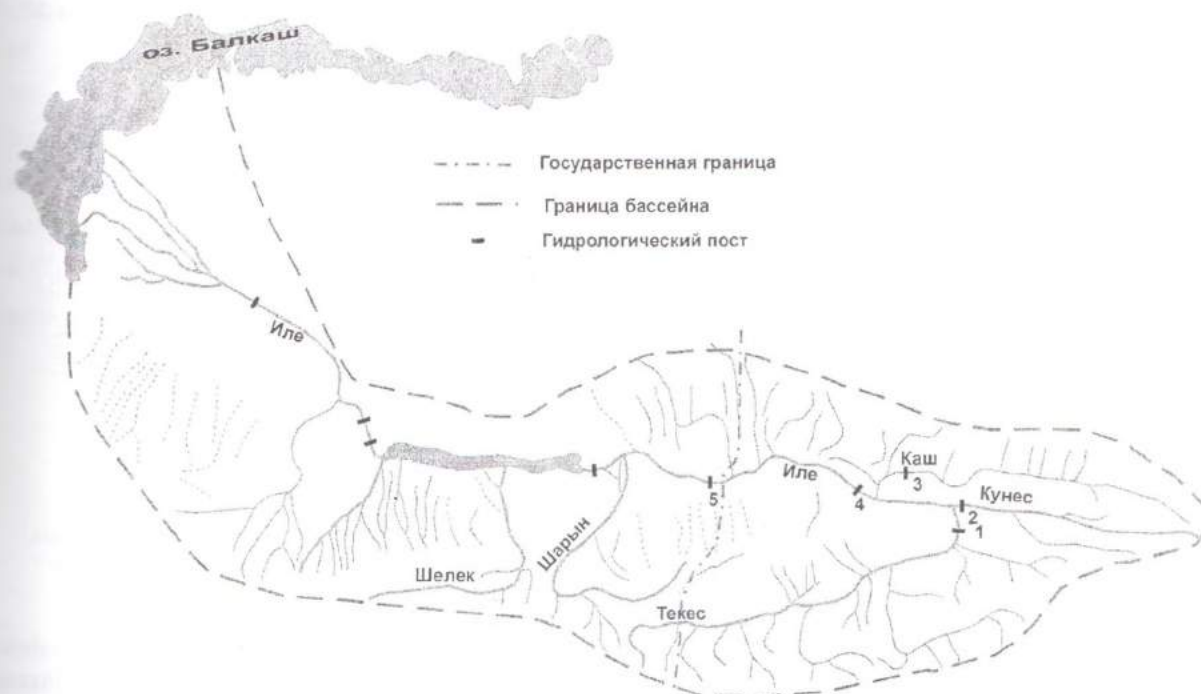


Рис. 1. Схема гидрографии бассейна р. Иле:  
1 – Текес-устье; 2 – Кунес-устье; 3 – Каш-устье; 4 – Иле-Ямате; 5 – Иле-Кайырган

и Китайской Народной Республики (КНР). Река образуется слиянием трех рек – Кунес, Каш и Текес на территории КНР и впадает в оз. Балкаш на территории Казахстана. Необходимо отметить, что р. Текес берет начало в Казахстане (рис. 1).

Из общей длины 1439 км (с притоком р. Текес) 624 км находится на территории КНР и соответственно 815 км – на территории Казахстана. Общая площадь бассейна составляет 140 000 км<sup>2</sup>, в пределах Казахстана и КНР соответственно – 77 400 и 62 600 км<sup>2</sup>. Основная стокоформирующая часть бассейна р. Иле с густой гидрографической сетью расположена в верховьях – на территории КНР. Гидрографическая сеть значительно реже в средней и нижней частях бассейна [1].

Именно трансграничное положение реки поставило перед соседними государствами одни из сложных, но решаемых при определенных взаимодействиях вопросов. В первую очередь следует придерживаться сбалансированного подхода в водопользовании и экологической безопасности речного бассейна, вводить так называемый бассейновый принцип управления. Эксплуатация речных вод в бассейнах трансграничных рек разными странами, осуществляемая исходя из их интересов, нередко противоречащих друг другу, в конечном итоге приводит к часто невосстановимому разрушению природно-экологической

цепи, в определенных звеньях которой имеет место также и сам человек. Как показывает мировой опыт, с каждым годом появляется все больше и больше различных соглашений о взаимодействиях в сфере использования и охраны трансграничных водных объектов.

В бассейне же р. Иле в настоящее время, несмотря на определенные соглашения между странами, не существует реальной схемы управления речным бассейном. Постоянно возникающие споры вокруг оценки возобновляемых ресурсов воды в бассейне отчасти вызваны именно из-за недостаточного (можно сказать отсутствия) информационного взаимодействия.

Управление водными ресурсами нельзя осуществить без их оценки. Оценка современного состояния водных ресурсов и их прогноз на будущее осложняются еще и тем, что речной сток является интегральной характеристикой взаимодействия многих геофизических процессов и физико-географических условий бассейна, которые, во-первых, нередко изучены меньше, чем сама интегральная характеристика, и во-вторых, постоянно колеблются во времени. В этой связи при оценке возобновляемых ресурсов стока рек в первую очередь возникает вопрос о выборе расчетного времени (периода). Точность оцененных параметров стока и реализация их в будущем во



многим зависят от качества анализа многолетнего изменения стока реки.

Методы выбора расчетного периода в современной гидрологии основаны на анализе динамики стока за многолетний отрезок времени и выделении циклов водности. В гидрометеорологии уделено большое внимание именно циклическим колебаниям, т.е. колебаниям с переменным периодом и амплитудой, образующих систему замкнутых циклов, но не обязательно возвращающихся в исходное положение, связано с отсутствием в природе периодических колебаний (процесс с постоянным или почти постоянным периодом амплитуды), с одной стороны, и недостаточностью знания о колебательном движении природных процессов – с другой.

Анализ показывает, что до сих пор отсутствуют надежные и физически обоснованные методы определения цикличности природных процессов. Это привело к отрицанию некоторыми исследователями реальности циклических колебаний, хотя немало трудов, утверждающих обратное. Схожесть многочисленных исследований может рассматриваться как подтверждение проявления цикличности в рядах гидрометеорологических элементов. Многие исследователи подразделяют колебания на многолетние (2–14 лет), внутривековые (20–50 лет), вековые (70–100 лет), сверхвековые (100–300 лет) и многовековые (более 300 лет) циклы. Предлагаемые границы рангов в известной мере условны, однако они учитывают периоды фактически выявленных в настоящее время более или менее устойчивых и физически интерпретированных циклических колебаний [2, 3].

Исследование динамики многолетнего изменения стока рек осложняется тем, что мы редко имеем длинные (непрерывные) естественные ряды. Во многих речных бассейнах не всегда удается восстановить хотя бы условно-естественный ряд из-за недостатков информации не только о стоке реки, но и о различных хозяйственных мероприятиях в бассейне. В случае с р. Иле этот вопрос еще более осложняется из-за ее трансграничности.

На р. Иле по пограничному гидропосту ур. Кайырган нами был получен стокосый ряд, включавший в себя период с 1911 по 2000 г. Для анализа многолетнего колебания стока и выбора расчетного периода мы воспользовались широко распространенным в гидрологии методом разностных интегральных кривых.

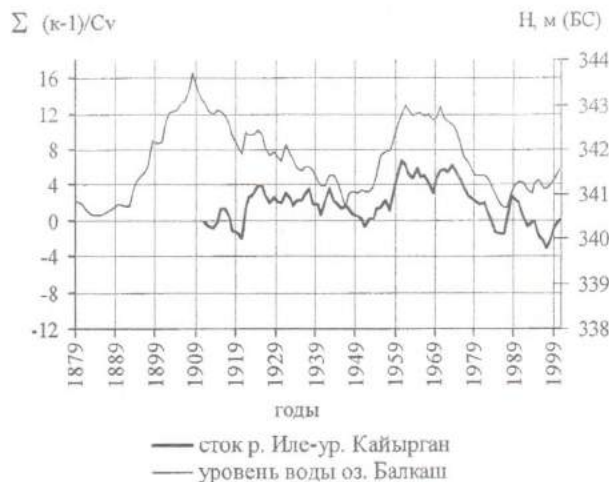


Рис. 2. Разностная интегральная кривая стока воды р. Иле и ход изменения уровня воды оз. Балкаш

Из рис. 2 следует, что мы имеем два полных внутривековых цикла водности со сравнительно одинаковой длиной и даже с примерно одинаковой средней – 397 м<sup>3</sup>/с в первом и 392 м<sup>3</sup>/с во втором. Первый цикл охватил период с 1920 по 1951 г. продолжительностью 32 года, и второй продолжался 35 лет с 1951 по 1985 г. Но сравнительный анализ разностной интегральной кривой с ходом уровня оз. Балкаш показывает преждевременность утверждения о выявленных циклах водности.

Циклическими мы назвали колебания с переменным периодом и амплитудой, образующих систему замкнутых циклов, но не обязательно возвращающихся в исходное положение. При использовании же разностной интегральной кривой как бы соблюдаются все отмеченные условия. Но она всегда возвращает ход процесса в исходную позицию. Выбор начала периода тоже оставляет свой след на кривой. Как видим из рис. 2, обязательное начальное и конечное нулевое положения не дают возможности полагать об определенной водности, хотя к центральной части кривой указанные недостатки не относятся. Поэтому многие исследователи стараются больше использовать центральную часть для анализа и расчетов, хотя некоторые поступают интуитивно. Отмеченные недостатки кривой не особо влияют на оценку среднего значения, но дают не очень точную картину циклических колебаний.

На рис. 3 в сравнении с уровнем воды оз. Балкаш проанализируем многолетний ход стока воды р. Иле, используя метод скользящих кривых, с периодом осреднения 11 лет.

Рис. 3. Динамика многолетнего колебания стока воды р. Иле и уровня воды оз. Балкаш



С помощью рис. 3 мы можем выделить только один внутривековой цикл водности в многолетнем ходе стока р. Иле, включающий период с 1943 по 1980 г. и продолжительностью 38 лет. В ходе же уровня оз. Балкаш на сравниваемом участке кривой можно выделить цикл с 1946 по 1986 г., чуть большей продолжительности (41 год) и как-бы с некоторым сдвигом повторяющий водность р. Иле. Конечно, существовавшие связи между стоком р. Иле и уровнем воды в оз. Балкаш очевидно, так как р. Иле является основным источником питания данного озера.

Для проверки сказанного мы попытались найти связь между стоком р. Иле и уровнем оз. Балкаш и получили представленную на рис. 4 связь. При этом использовались данные с 1935 по 1969 г., что связано с фактическими наблюдениями за стоком р. Иле в расчетном пункте и нарушением

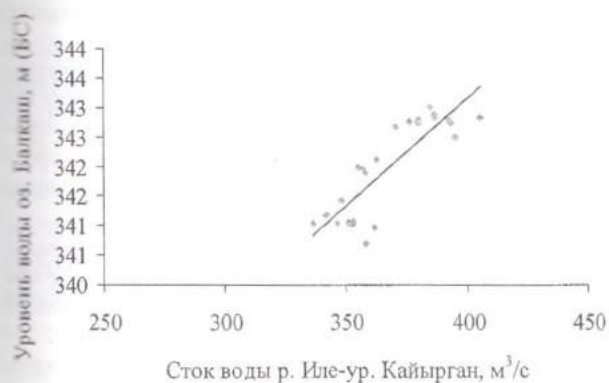


Рис. 4. График связи между осредненным за 11-летие стоком воды р. Иле – ур. Кайырган и уровнем воды оз. Балкаш

естественной динамики уровня оз. Балкаш в связи со строительством Капшагайской ГЭС.

Для количественной же оценки этого явления нами были рассчитаны коэффициенты корреляции между осредненным стоком (осредненный сток соответствует середине отрезка осреднения) р. Иле – ур. Кайырган за 11-летие и уровнем оз. Балкаш с 1916 по 2000 г., с 1916 по 1969 г., с 1943 по 1986 г. и с 1940 по 1969 г. (табл. 1).

Границы периодов выбраны не случайно, а в связи с выбором более или менее условно-естественного отрезка в колебании сравниваемых процессов. По р. Иле – ур. Кайырган наблюдения за стоком велись с перерывами во времени с 1935 по 2000 г., а уровень оз. Балкаш условно-естественным можно считать до 1970 г. Как видим из табл. 1, более тесная связь наблюдается именно до 1970 г.

Связь между стоком р. Иле и уровнем оз. Балкаш растет при сдвиге ряда уровней до 6–7 лет, в дальнейшем по мере роста сдвига убывает.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между стоком р. Иле (осредненный) и уровнем оз. Балкаш за различные расчетные периоды

Расчетный период	Период сдвига, лет			
	3	4	5	6
1916–2000	0,59	0,63	0,70	0,72
1916–1969	0,65	0,74	0,80	0,84
1943–1986	0,65	0,72	0,80	0,84
1940–1969	0,75	0,84	0,86	0,83



В данном случае мы хотели с помощью связи между стоком р. Иле и уровнем воды оз. Балкаш показать, что выявленный нами полный цикл водности с 1920 по 1951 г. (см. рис. 1) может и не существовать. Сравнительный анализ динамики изменения стока воды р. Иле и уровня воды оз. Балкаш позволяет нам предположить, что начиная с начала XX в. (1903–1908 гг.) до 40-х годов на р. Иле наблюдалась маловодная фаза предыдущего цикла водности, которая сменилась затем многоводной фазой указанного нами цикла водности, охватившего период с 1943 по 1980 г. Хотя спад водности нарушался в отдельные многоводные 1921, 1931 и 1941 годы, что хорошо видно из рис. 2, но все же он не изменил общую тенденцию.

Несмотря на повышение водности рек в многоводной фазе, начавшейся на реках Юго-Восточного Казахстана в конце 80-х – начале 90-х годов, следует отметить, что предыдущие циклы также были более водоносными, что частично можно наблюдать и на рис. 2.

К известной роли р. Иле в водном балансе оз. Балкаш мы добавим, что наряду со значением стока, формирующегося в казахстанской части бассейна, роль стока с китайской территории для озера также значительна.

Если с территории Казахстана в бассейне р. Иле по нашим расчетам формируется в среднем 6,52 км<sup>3</sup> воды [4], сток же с территории КНР до сих пор точно не определен, существуют разные оценки (табл. 2) [5–7].

Таблица 2. Ресурсы поверхностных вод р. Иле (КНР), км<sup>3</sup>

Водосборный участок	[5]	[6]
Р. Текес	8,26*	8,48*
Р. Каш	4,04	4,47
Р. Кунес	2,20	2,27
Южный склон Ж. Алагау	2,457**	1,55
Сев. склон хр. Узынкара		0,27
Всего	16,957	17,04

\* В том числе сток с территории РК по р.Текес.  
\*\* Сток из водосборов кроме перечисленных рек.

В книге [5] обобщены данные с 1956 по 1979 г., а в [6] – до 1992 г. Согласно [5], ежегодный объем притока по р. Иле в Казахстан из КНР в среднем за названный период составил 11,7 км<sup>3</sup> воды, что соответствует стоку р. Иле у пункта Ямате, а приток в КНР из Казахстана по р. Текес –

0,957 км<sup>3</sup> воды. Можно сказать, что на территории КНР используется около 5 км<sup>3</sup> стока р. Иле. Нами были проведены расчеты стока по пунктам Ямате (на территории КНР) и Кайырган (на территории Республики Казахстан).

Суммарный сток трех рек – Кунес, Каш и Текес (см. рис. 1) с 1956 по 1979 г. составил 14,50 км<sup>3</sup>, а за период до 1992 г. – 15,22 км<sup>3</sup> (см. табл. 2), а уже несколько ниже по течению у пункта Ямате – соответственно 11,2 и 12,3 км<sup>3</sup> (табл. 3).

Таблица 3. Сток р. Иле по расчетным створам

Река-пункт	Расст. от устья, км	Объем стока W, км <sup>3</sup>			
		1911–2000 гг.	1956–1976 гг.	1956–1992 гг.	1990–2000 гг.
Иле-Ямате	1020	11,7	11,7	11,2	10,7
Иле-Кайырган	811	12,5	12,5	12,3	12,0

Таким образом, только на этом небольшом участке уже потерялось около 3 км<sup>3</sup> воды. Однако о водопользовании выше слияния названных трех рек данные отсутствуют, хотя по не официальным источникам там водохозяйственная ситуация очень напряженная.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и Южный Казахстан. Бассейн оз. Балхаш. Л.: Гидрометеоздат, 1970. Т. 13, вып. 2. 643 с.
2. Курдин Р.Д. О солнечно-гидрометеорологических связях и прогнозах колебаний климата и водных ресурсов // Труды КазНИГМИ. М.: Гидрометеоздат, 1972. Вып. 44. С. 69-79.
3. Ащепкова Л.Я., Белоусов А.А., Кротова В.А. и др. Изменчивость природных явлений во времени. Новосибирск: Наука, 1982. 178 с.
4. Турсунов А.А., Достай Ж.Д. Оценка водных ресурсов трансграничной реки Иле с учетом климатических изменений и принципов совместного использования // Географические проблемы устойчивого использования природно-ресурсного потенциала Республики Казахстан. Алматы, 2005. С. 40-65.
5. Armin Bohnet, Ernst Giese, Zeng Gang. Die autonome Region Xinjiang (VR China) – Eine jrdnungspolitische und regionalokonomische Studie (Band II). Lit Verlag Munster; Hamburg; London, 1999, Oktober.
6. Пивень Е.Н., Мальковский И.М. Ресурсы поверхностных вод бассейна Или (по уточненным данным) // Сборник докладов научно-практической конференции молодых ученых Института географии АН Казахской ССР. Алматы: Фальым, 1992. С. 50-60.



ISSN 9112.001;91

А. Р. МЕДЕУ, Э. И. НУРМАМБЕТОВ, Ф. Ж. АКЦИЯНОВА

## СОВРЕМЕННАЯ ГЕОМОРФОЛОГИЯ: МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В КАЗАХСТАНЕ

*Қазақстанның геоморфологиялық құрылысын зерделеудегі және картаға түсірудегі негізгі жетістіктері баяндалып, бедердің қалыптасуы мен дамуының іргелі негіздерін өзіндік ғылым есебінде қазақстандық геоморфология-ның даму тарихы суреттелді. Дүниежүзілік беталыстарға сәйкес Қазақстандағы бедер, негізінен оның серпіндік және экологиялық қырлары туралы ғылымның қазіргі кездегі жай-күйі мен болашағы көрсетілді.*

*Изложены основные достижения в изучении и картографировании геоморфологического строения Казахстана, описана история развития казахстанской геоморфологии как науки, разрабатывающей фундаментальные основы формирования и развития рельефа и имеющей прямой выход в практику. В соответствии с мировыми тенденциями показаны современное состояние и перспективы развития науки о рельефе в Казахстане, главным образом ее динамические и экологические аспекты.*

*In the article the main achievements in studying and mapping of geomorphological structure of Kazakhstan are stated. The history of the development of geomorphology in Kazakhstan, as the science which develops fundamental bases of formation and development of relief and which has a direct application in practice, is described. According to the world tendencies, the modern condition and prospects of the development of relief science in Kazakhstan and its dynamic and ecological aspects are shown.*

Геоморфология в качестве самостоятельной отрасли знания сложилась в конце XIX – начале XX в., когда возникли две самостоятельные научные школы: американская во главе с У. М. Девисом и европейская, наиболее яркими представителями которой были В. Пенк, Ф. Рихтгофен.

Сторонники американского направления сосредоточили усилия на изучении экзогенных процессов рельефообразования – эрозии, абразии, дефляции, деятельности ледников, не связывая в достаточной мере развитие рельефа с ходом геологической истории. Такое направление рассматривает рельеф как ведущий элемент ландшафта во взаимодействии с другими компонентами географической среды.

Европейское геологическое направление считало, что анализ рельефа должен стать, в первую очередь, средством выявления тектоники, магматизма, условий образования геологических структур и особенностей осадконакопления. В российской, а затем советской науке такой подход нашел много сторонников. Вместе с тем интенсивно изучались экзогенные процессы, что в конечном счете привело к взаимообогащению геоструктурной и климатической геоморфологии [1].

Анализ современного состояния геоморфологии в мире показывает, что продолжается разра-

ботка основополагающих вопросов общей теории геоморфологии, ее объекта, метода и целей; проблем терминологии. Ширятся геоморфологические региональные очерки – преимущественно качественные, комплексные и покомпонентные описания конкретных территорий в целях решения некоторых теоретических, методических или прикладных вопросов. Одновременно увеличивается опыт геоморфологического картографирования, совершенствуется методика составления карт геоморфологического содержания, которые используются для поиска и разведки полезных ископаемых, а также в инженерных целях – при строительстве и эксплуатации различных инженерных сооружений.

Все большими темпами нарастает дистанционное изучение рельефа земной поверхности, создание и использование соответствующей аппаратуры. Внедряются ГИС-методы, цифровое моделирование рельефа, составление геоморфологических баз данных. По-прежнему используются методы геоморфологической морфометрии, картометрии и геостатистика количественных показателей размеров, формы и структуры геоморфологических объектов, шире применяются методы математической статистики в геоморфологии регионального и глобального уровней.



Глобальная геоморфология, задачами которой являются изучение черт рельефа Земли как планеты, связи форм мегарельефа и геоструктур, а также глобальная тектоника литосферных плит в последние годы все больше внимания уделяет изучению рельефа поверхности планет и крупных спутников солнечной группы. Разумеется, астрономическая геоморфология находится в начале своего пути, но в развитых, высокотехнологичных странах она воспринимается как реальная необходимость. Для расшифровки рельефа поверхности планет методами сравнительного анализа используются данные о развитии рельефа Земли в ее геологическом прошлом, факторы рельефообразования, денудационная хронология, абсолютные физические датировки, сохранность реликтовых форм и типов рельефа Земли, их климато-генетические признаки (глобальная аридизация, материковые оледенения, инверсии и миграции магнитных полюсов, колебания уровня Мирового океана и др.). От астрономической геоморфологии следует ожидать активизации в связи с реализацией космических программ [2].

Не только познавательное, но и существенное прикладное значение имеет изучение рельефа дна океана и морей. Развитие офшорных операций по разведке и разработке месторождений полезных ископаемых (углеводородное сырье, россыпи, стройматериалы), по прокладке подводных коммуникаций (кабели, трубопроводы, тоннели), строительство и реконструкция морских портов требуют изучения морфоструктур донного рельефа, включая неотектоническую активность, изучение экзогенного рельефообразования дна и береговой зоны, путей и характера переноса донных осадков.

Ряд направлений геоморфологической науки преследует цели экономической выгоды и достаточно успешно развивается в некоторых странах. К таким направлениям, в частности, относятся эстетическая геоморфология, геоморфология и туризм. Особое место занимают геоморфологические исследования в археологии, этнографии и топонимике развивающихся и вновь образованных независимых стран.

Главным приоритетным направлением в современной мировой геоморфологии является ее динамический аспект, который продолжает усиливаться, судя по поступательному росту публикаций в текстовом и картографическом выраже-

нии [3]. Перманентное повышение интереса к этому направлению стало особенно выразительным в последние десятилетия: «...усиление динамических аспектов в геоморфологических исследованиях, смена историко-морфологической парадигмы динамической представляют собой главную тенденцию развития всей мировой послевоенной геоморфологии» [4].

Методологический подход к изучению эндогенных, экзогенных и современных антропогенных рельефообразующих процессов базируется на традиционных методах с максимально возможным применением материалов дистанционного зондирования и современных ГИС-технологий. Комплекс естественных процессов рассматривается в условиях активной хозяйственной деятельности человека, которая стала фактором рельефообразования, создавая качественно новые условия в ходе развития природной среды. Для анализа природно-антропогенных связей современный рельеф и формирующие его процессы рассматриваются как сложная геоморфологическая система, что дает импульс в понимании закономерностей различных процессов, разработке прогнозных построений и решении насущных проблем практики.

Геоморфосистемы формируются под воздействием внешних и внутренних факторов в их тесной взаимосвязи, среди которых наиболее существенные и специфичные обеспечивают устойчивость и направленное развитие системы. Связи геоморфологической системы с другими природными системами сложны и многоступенчаты. Это связи с однопорядковыми системами: тектонической и литологической (факторы внутренней структуры); с системами более высокого порядка – гидросферой, атмосферой и биосферой, включая социальную подсистему. В целом ведущая роль системообразующих связей строится на основе определенной программы, которая представляет способ ее реализации, т.е. связи управления, при помощи которых она реализует схему. В целом динамика развития геоморфосистем определяется генетической природой, качественными и количественными характеристиками современных рельефообразующих процессов. При определении временного объема этих процессов следует иметь в виду три основные даты их развития: 1) голоцен; 2) исторический период; 3) век современной научно-технической революции (последние 80–120 лет), когда качест-



венные и количественные изменения процессов происходят в современных техногенных условиях на фоне потребностей жизнеобеспечения быстро растающего населения.

Важным понятием является «ведущий процесс» либо «комплекс ведущих процессов», которые определяют рельефообразование в геоморфосистеме либо в отдельных ее частях. Такие процессы могут рассматриваться как местные, локальные и региональные. Вычленение из множества процессов региона ведущих – это применение общенаучного принципа абстрагирования в динамической геоморфологии. Процессы рельефообразования отражают морфологические и эссенциально-генетические свойства поверхности, поэтому важна методика количественных определений интенсивности процессов эндогенного и экзогенного рельефообразования, особенно для районов комплексного проявления денудации и аккумуляции, а также техногенных воздействий на рельеф.

Некоторые процессы при определенных обстоятельствах могут становиться опасными и создавать экологические угрозы для человека или его хозяйственной деятельности. В то же время хозяйственная деятельность может наносить невосполнимые потери природному рельефу и экосистемам в целом. Исходя из таких представлений в последние годы зародилось новое прорывное направление – экологическая геоморфология. Ее содержанием является рассмотрение рельефа и рельефообразующих процессов как одного из основных элементов среды обитания человека; установление взаимосвязей геоморфологических систем с условиями жизни и деятельности человеческого общества и геоморфологических аспектов рационального природопользования.

Эколого-геоморфологическая оценка территорий сопряжена с трудностями, особенно для государств с большими площадями (Россия, КНР, США, Канада, Бразилия, Казахстан и др.), поскольку главные черты рельефа изменяются медленно и различия выражены в морфогенетических особенностях районов. В настоящее время в ряде стран разрабатываются принципы эколого-геоморфологического районирования (гипсометрия, климатические зоны, бассейны рек) и методы картографирования, отражающие взаимодействие человека с природой.

Значительных успехов в этом направлении достигли в Российской Федерации, где появились

первые карты [5] и монографии [6], отражающие региональные особенности эколого-геоморфологической системы России. Из-за многообразия свойств и наличия прямых и обратных связей рельеф принимает участие в формировании пространственной организации географических систем. С рельефом связано многообразие форм земле- и природопользования, рельеф является свойством земель.

Поскольку земля является объектом и продуктом человеческого труда, то рельеф входит в потребительскую стоимость недвижимости, которая должна быть учтена в товарных отношениях. Такой взгляд на рельеф земной поверхности ставит определенные задачи по совершенствованию земельного кодекса и этот экономический взгляд на рельеф особенно важен для постсоветского пространства при переходе к рыночным отношениям.

Много внимания в развитых странах уделяется основам анализа и оценки геоморфологического риска, выделению источников природного и техногенного рисков, определению их количественных параметров и оценке негативных последствий воздействия на население и хозяйство. В различных странах мира выявляются географические особенности распространения природных и чрезвычайных техногенных ситуаций, прослеживаются их динамика и изменения в связи с ростом антропогенной нагрузки и глобальными изменениями климата. Разрабатываются принципы и методы управления риском, анализируются социокультурные особенности отношения людей к риску. Выявляются факторы и механизмы образования загрязняющих веществ, пути их транспортировки в процессе денудации форм и элементов рельефа, а также пункты их аккумуляции при современном осадконакоплении.

Результатом могут стать карты районирования по эколого-геоморфологическим признакам. Характеристика влияния рельефа на остроту экологической обстановки в границах различных геоморфоструктур дается в экспертных оценках: не влияет, слабо усиливает, заметно усиливает, значительно усиливает. Такие материалы используются для определения систем природопользования и соответствующих этно-социально-хозяйственных типов культур [6].

Казахстанская геоморфология складывалась в 30–40-х годах XX в. в процессе планомерных разномасштабных геологических съемок, поисков





Условные обозначения в рисунке 1

Геоморфологические районы	
I	Прикаспийская синеклиза Восточно-Европейской платформы
II	Складчатая область Южного Урала и Молгажар
III	Туранская плита
IV	Юг Западно-Сибирской плиты
V	Казахский щит
VI	Орогенный пояс

1. Юг денудационного плато Общий Сырт	1. Низкотерье и мелкосопочник
2. Жайык-Жемское денудационное плато	2. Пастовые-денудационные равнины западного обрамления
3. Аккумулятивные равнины Прикаспийской низменности	3. Цокольные денудационные холмистые равнины восточного обрамления
4. Аккумулятивные равнины мелководного шельфа Северо-Восточного Каспия	
1. Аккумулятивные равнины полуострова Бозашы	1. Аккумулятивные равнины Кокшетауской возвышенности
2. Низкотерья Мангистау	2. Аккумулятивные равнины Тенизской впадины
3. Структурно-денудационное плато Мангистау	3. Низкотерья и мелкосопочник Улытауской возвышенности
4. Абразионно-аккумулятивные равнины шельфа и восточного склона Среднего Каспия	4. Волнистые денудационные равнины и мелкосопочник Сарысу-Тенизского водораздела
5. Структурно-денудационное плато Устирт	5. Главная водораздельная низкотерье-мелкосопочная возвышенность Сарыарка
6. Аккумулятивные и пастовые денудационные равнины Северного Приаралья	6. Разноволнистые цокольные равнины с массивами низкотерья и мелкосопочника северного ската Сарыарки
7. Аккумулятивные равнины Сырдарьинской впадины	7. Низковолнистая цокольная равнина с массивами мелкосопочника южного ската Сарыарки
8. Аккумулятивные равнины осушки Аральского моря	
9. Аккумулятивные и денудационные равнины и плато Шу-Сарысуьской впадины	
10. Столовые и ступенчатые денудационные плато и равнины Торгая	
11. Аккумулятивные равнины Тогайской ложбины	
1. Аккумулятивные равнины Пригобыля	1. Среднетерье Каратау
2. Аккумулятивные равнины Приисыля	2. Система хребтов и предгорий Северного Тянь-Шаня
3. Аккумулятивные и пастовые денудационные равнины междуречья	3. Шу-Илейское низкотерье
4. Аккумулятивные равнины Приертыся	4. Аккумулятивные равнины Илейской впадины
1. Низкотерье, мелкосопочник, цокольные равнины Кокшетауской возвышенности	5. Хребты и предгорья Жетысуского Алатау
2. Аккумулятивные и денудационные равнины Тенизской впадины	6. Аккумулятивные равнины Балкаш-Алакольской впадины
3. Низкотерья и мелкосопочник Улытауской возвышенности	7. Среднетерье Гарбагагай и Сауыр
4. Волнистые денудационные равнины и мелкосопочник Сарысу-Тенизского водораздела	8. Аккумулятивные и денудационные равнины Жайсанской впадины
5. Главная водораздельная низкотерье-мелкосопочная возвышенность Сарыарка	9. Хребты Казахстанского Алтая
6. Разноволнистые цокольные равнины с массивами низкотерья и мелкосопочника северного ската Сарыарки	
7. Низковолнистая цокольная равнина с массивами мелкосопочника южного ската Сарыарки	



и разведки полезных ископаемых. Как научное направление она сформировалась в Институте геологических наук им. К. И. Сатпаева, где в начале 50-х годов был создан сектор геоморфологии и четвертичной геологии. Затем с 1991 г. исследования этого направления продолжались в лаборатории геоморфологии Института географии, где была подготовлена к изданию первая геоморфологическая карта Казахстана с пояснительным текстом «Рельеф Казахстана» в 2 книгах [7]. Тем самым был подведен итог многолетним исследованиям морфологии, генезиса и возраста рельефа всей территории республики, показана роль ученых и производственников разных поколений в становлении казахстанской геоморфологии.

С тех пор прошло более 16 лет, за которые накопился новый материал и появились современные методологические приемы, позволяющие уточнить или переосмыслить базу, на основе которой была составлена первая «Геоморфологическая карта Казахской ССР». В настоящее время в рамках участия в составлении первого «Атласа Республики Казахстан» изданы карты: «Геоморфология Казахстана» (масштаб 1:5 000 000), «Геоморфологическое районирование» (1:7 500 000), «Геоморфология побережья и шельфа казахстанского Прикаспия» (1:1 000 000).

Новая геоморфологическая карта Казахстана представляет собой современную интерпретацию знаний по геологии и физической географии республики, отражает морфологию, генезис и возраст рельефа с учетом антропогенных преобразований, составлена с применением ГИС-технологий и формированием базы данных.

При геоморфологическом районировании Казахстана в основу выделения крупных регионов положена их современная структурно-геологическая позиция с характерным составом и условиями залегания слагающих пород (см. рис.). Регионы включают множество разномасштабных типов и форм рельефа, которые по сходным чертам происхождения и возраста объединены в геоморфологические районы. Отличительными чертами рельефа районов являются высотное положение, морфография поверхности, история развития и тектонический режим новейшего этапа. В Казахстане выделяются шесть регионов (геоморфологических областей) с 38 укрупненными геоморфологическими районами: Прикаспийская синеклиза Восточно-Европейской платформы

(4 района); складчатая область Южного Урала и Молгажар (3 района); Туранская плита (11 районов); юг Западно-Сибирской плиты (4 района); Казахский щит – Сарыарка (7 районов); орогенный пояс юг-юго-востока (9 районов).

Карта побережья и шельфа Каспийского моря составлена в оригинальной легенде, отражает современное геоморфологическое строение побережья и мелководного шельфа Каспийского моря, позволяет прогнозировать динамику рельефа региона как единой природно-антропогенной геоморфосистемы.

Коллектив лаборатории – 2 доктора и 5 кандидатов наук вместе с перспективными молодыми сотрудниками (аспиранты, магистранты) имеет значительный опыт разнонаправленных геоморфологических исследований в различных регионах Казахстана, владеет методами полевого и камерального анализа и составления карт тематического содержания, располагает достаточной компьютерной базой и использует новейшие ГИС-технологии.

Насущной задачей стали изучение и картографирование современных природно-антропогенных рельефообразующих процессов в соответствии с современной парадигмой геоморфологии. Исследования проводятся в содружестве со специалистами ближнего и дальнего зарубежья. Путем обмена данными разрабатываются общие теоретические вопросы изучения, картографирования и прогнозной оценки современного геоморфогенеза, его влияния на компоненты природной среды или на природно-хозяйственные системы в целом. Материалы исследования имеют большое значение для решения таких научных и прикладных проблем географии и геологии, как устойчивость и изменчивость геоморфосистем, анализ современных тектонических, денудационных и аккумулятивных процессов, их роли в экологической и экономической оценках территорий [8].

Уже получен первый положительный опыт картографического отображения динамики рельефа Северной Евразии под общим межгосударственным координирующим руководством Института географии РАН, где в полной мере были использованы авторские материалы казахстанских специалистов [9]. Цель и принципы составления карты, разработанные в ИГ РАН, были общеприняты, но особенности рельефа и рельефообразующих процессов на территории Казах-



стана потребовали существенной доработки легенды карты.

Геоморфология рассматривает рельеф как главную арену взаимодействия атмосферы, гидросферы и литосферы, как главный распределитель всего перемещающегося в приповерхностном слое Земли вещества и энергии. В развитии научных представлений о строении и динамике геоморфосистем Казахстана определяющее значение имеет обобщение фактического материала, накопленного в области геоморфологии, геологии и географии. Фактический материал даже длительного периода сбора может оставаться неизменным в своем основном проявлении, тогда как интерпретация его в течение времени меняется. Интерпретация, направленная на раскрытие сути функциональных отношений элементов геоморфосистем, является основой познания. "Научная интерпретация фактического материала, заканчивающаяся объяснением сути процесса, переходит в новый научный факт, качественно более высокой степени познания. Иначе говоря, наблюдается качественная иерархия научных фактов: интерпретация одной группы факторов ведет к получению нового знания, служащего научным фактом для интерпретации фактов более высокого ранга" [10].

С этих позиций казахстанская геоморфология находится на наиболее продуктивном пути развития. Завершенный этап морфологических работ общего содержания позволил изучить и картографировать рельеф всей территории Казахстана применительно к масштабам 1:1 000 000, 1:500 000 и крупнее. Накопленная сумма данных о классической триаде геоморфологии (морфология, генезис, возраст) явилась основой следующего этапа – изучения процессов рельефообразования, ведущих и сопутствующих, с различными качественными и количественными характеристиками. Основным подходом к структуре классификаций процессов явилось упорядочение их по отношению к морфогенетическим единицам рельефа. Например, имеются существенные различия в развитии процессов флювиального ряда на аккумулятивных морских и делювиально-пролювиальных равнинах с детализацией на покатых, наклонных и вогнутых поверхностях или заметно различаются склоновые гравитационные процессы в массивах тектонического или денудационного мелкосопочника и т.д.

Составление логически стройной и содержательной классификации процессов, основанной на едином принципе построения, сталкивается с трудностями, обусловленными их большим многообразием, сложным взаимодействием природных факторов и недостаточной разработанностью понятийной базы. Для преодоления трудностей понадобились некоторая схематизация, обобщение, выявление главных черт. В основу классификации положен причинно-факторный анализ с выделением трех классов ведущих процессов современного рельефообразования: эндогенных, экзогенных и антропогенных, в свою очередь подразделяющихся на группы, подгруппы и типы.

Процессы эндоморфогенеза на территории Казахстана могут быть прямого и косвенного воздействия, с особенностями развития в пространстве (геоструктуры различных порядков) и времени (новейшие, современные), различаются по степени унаследованности, интенсивности проявления и пр.

В казахстанской классификации процессов современного экзогеоморфогенеза по преобладающему типу формирования выделяются три основные группы процессов: денудационные, денудационно-аккумулятивные и аккумулятивные. В основу классификации положен генетический принцип с выделением ведущих, сопутствующих и отдельно опасных геоморфологических процессов прямого и косвенного воздействия. Например, физико-химические процессы на склонах способствуют развитию обвалов и осыпей, линейная эрозия – селей и оврагов, аллювиальная аккумуляция выражается в заливании, смещении русел, эоловая аккумуляция вызывает песчаные заносы и т.д. Актуальность выделения опасных процессов состоит в том, что характеристика и геоморфологическая позиция станут частью эколого-геоморфологических построений для отдельных объектов и районов.

Естественный рельеф Казахстана, включая мелководный шельф Каспийского моря, все более видоизменяется. Рельефообразующая роль человека при этом заключается не только в массовом создании антропогенного рельефа, но и в многообразном воздействии на ход развития природных рельефообразующих процессов эрозии, дефляции, суффозии, карста, абразии берегов и др. Антропогенный элемент воздействия на косную среду по разнообразию механизмов и темпам в



некотором смысле стоит вне рамок природных процессов, но, бесспорно, является экзогенным фактором геоморфогенеза. В казахстанской классификации антропогенные процессы подразделены на три группы воздействия: физическая, химическая, биологическая, каждая из которых подразделяется на таксоны низких рангов. Например, механическое воздействие (физическое) по типу использования земель подразделяется на подгруппы: селитебное, промышленное, горнорудное, гидромелиоративное и т.д.; биогенное воздействие – сельскохозяйственное, рекреационное и др. В таких подгруппах, в свою очередь, выделяются процессы прямого и косвенного воздействия. К прямым относятся процессы переноса и видоизменения поверхности (планировка, террасирование и др.), создание искусственного рельефа (каналы, карьеры, валы, насыпи, плотины и т.д.). К процессам косвенного воздействия принадлежат экзогенные и эндогенные, начальным толчком к развитию которых послужила хозяйственная деятельность, например сели в результате прорыва плотин, землетрясения из-за обрушения кровли подземных выработок, просадок нефтегазовых пластов и др.

Антропогенные процессы, как и природные, разделяются по продолжительности (кратковременные, длительные, постоянные, сезонные) и территориальному охвату (площадные, линейные, точечные). Наибольшие нарушения естественного рельефа связаны с районами интенсивного сельскохозяйственного освоения и густонаселенными промышленными районами. Здесь некоторые процессы переходят в разряд опасных или становятся причиной опасных явлений и чрезвычайных ситуаций [11].

Исследование закономерностей современного геоморфогенеза, включая прогнозную оценку неблагоприятных природно-антропогенных процессов, имеет целью улучшение экологии природно-хозяйственных систем Казахстана. В последние годы основными объектами изучения пространственно-временной организации геоморфосистем и их количественной динамики являются нефтедобывающие районы Западного и горные сооружения Юго-Восточного Казахстана. Для всей территории Западного Казахстана проведена типизация экзогенных геодинамических процессов, составлены тематические карты, особенно подробные (1:200 000 и крупнее) для казахстанской части Прикаспия, где стремительное

повышение уровня моря в конце XX в. дестабилизировало экологическую обстановку в регионе. Затопление и подтопление объектов нефтегазового сектора увеличили количество загрязнений, транспортировка и аккумуляция которых контролируются современным рельефом и процессами, его видоизменяющими. По характеру развития этих процессов проведено районирование побережья, отражающее территориальную обособленность процессов и необходимое для разработки рекомендаций по защите почв, грунтовых вод, живой природы и объектов народного хозяйства. На основании наземных маршрутов и дешифрирования дистанционных материалов с использованием современных ГИС-технологий составлены карты мероприятий по защите природно-хозяйственной среды от опасных процессов рельефообразования. Выделены три категории воздействия их на компоненты среды: слабая, требующая проведения профилактических мер; средняя, предполагающая некоторые защитные инженерные мероприятия; сильная, когда необходимы радикальные меры защиты и укрепления, а в ряде случаев перенос объектов. Разработка месторождений углеводородного сырья на Каспии требует строительства архипелага островов, прокладки судоходных каналов, подводных и наземных трубопроводов, строительства новых и расширения прежних портовых сооружений, сети коммуникаций транспорта, энергетики и связи. Активное строительство существенно изменяет процессы денудации, переноса и аккумуляции масс геологического субстрата, что отразится на других компонентах природной среды, а рельефообразующие процессы, в свою очередь, могут усложнить функционирование объектов хозяйствования. В этой связи уместно отметить первую геоморфологическую карту мелководного шельфа Северо-Восточного Каспия, на которой отражены состояние и возможные изменения подводного рельефа и условия донного осадконакопления. Эта карта явилась первым шагом в морской геоморфологии в Казахстане, дальнейшее развитие которой в немалой степени зависит от доступности к материалам международных нефтяных компаний, проводящих работы в офшорной зоне Каспия.

Продолжаются многолетние исследования в горах Иле и Жетысу Алатау закономерностей развития и распространения селей и других опасных склоновых процессов (оползней, обвалов,



осыпей). Работы включают решение взаимосвязанных задач, состоящих из двух крупных блоков: оценки риска возникновения и оценки риска воздействия селевых и других явлений, которые в целом направлены на разработку проблемы научного управления риском склоновых процессов, на обеспечение безопасности человека и среды его обитания. По этой тематике получен ряд признанных достижений [12].

Изучена природа селевых процессов, раскрыт механизм формирования и движения потоков различного генезиса и консистенции в разнородных структурно-геологических и геоморфологических условиях, исследованы физико-механические свойства селеформирующих пород и литология селевых отложений. Проведена оценка селеопасных горных территорий Казахстана, что нашло отражение в обзорных картах, моделях и схемах, каталогах и справочниках, в научной литературе. Разработаны элементы фонового регионального прогноза селей, методы определения качественных характеристик селевых потоков (объем, скорость движения, плотность и насыщенность селевых потоков твердым материалом и др.), установлены критерии формирования селей ливневого и гляциального генезиса, создан совместно с соответствующими ведомствами ряд методических документов по проблеме, реализованы совместно с Казселезащитой уникальные превентивные мероприятия по предупреждению гляциальных селей (упреждающий спуск ледниковых озер и др.) [13].

Результаты изучения современных рельефообразующих процессов и прогноз их развития составят основу эколого-геоморфологических построений, которые на локальном и региональном уровнях уже проводятся в Казахстане. Первоочередное внимание пока уделяется опасным геоморфологическим процессам (ведущим, сопутствующим или второстепенным) различного генезиса, которые имеют неодинаковые площади распространения и разные скорости развития. Для оценки структуры опасных морфогенетических процессов необходимо детальное геоморфологическое районирование всей территории Казахстана с последующей экспертно-статистической оценкой площадей распространения (интенсивности) природных процессов. Исследованию подлежат чрезвычайные природные и техногенные ситуации, характеристика которых необходима для классификации и районирования

опасных процессов, оценки риска. Выявление и анализ структуры опасных процессов в отдельных геоэкологических районах предполагается провести с разделением районов по нескольким классам экологической опасности (низкая, умеренная, высокая, очень высокая), с указанием вклада в общую структуру ведущих и сопутствующих процессов. Следует иметь в виду, что отдельные морфогенетические процессы в районах с низкой и умеренной геоэкологической опасностью могут нанести существенный ущерб хозяйственным объектам и представлять реальную угрозу для жизни и здоровья населения. В картографическом отображении такие аномальные случаи должны найти свое место в легенде. Частными случаями экологической геоморфологии являются геоморфология городов и эстетическая геоморфология, публикации по которым стали появляться в начале текущего столетия. В первом случае отмечается, что с течением времени меняются и технологии строительства, и способы технической обработки реагентами разных пород, т.е. необходимы новые подходы к изучению инженерных свойств рельефа и рельефообразующих пород. В широких масштабах в случае необходимости возможна реконструкция рельефа местности (Астана, Алматы и др.). Первые опыты исследования городской геоморфологии в Казахстане проводятся в настоящее время в г. Павлодаре.

В эстетической геоморфологии пока нет твердо установленных понятий. Преобладает субъективное восприятие, хотя, конечно, сочетание озер с причудливыми формами выветривания в Кокшетау, Баянауле, Каркаралы и др. общепризнанно привлекательным. Эстетическое восприятие природных объектов рельефа меняется со временем, о чем свидетельствует популярность туризма в каньоне р. Шарын, на чинках Устирта, Мангистау и др., т.е. область эстетической геоморфологии ждет своих исследователей.

В суверенном Казахстане постоянно нарастает интерес к вопросам этнографии и топонимии. Геоморфологи участвуют в процессе исправления и осмысливания названий форм рельефа, морфологически обособленных пространств, речных долин и озерных ванн [14].

В Казахстане единственным специализированным научным подразделением в геоморфологической отрасли является лаборатория геоморфологии и геоинформационного картографирования



Института географии, которая имеет прочные связи с выпускающей кафедрой геоморфологии и картографии геофака КазНУ им. аль-Фараби. Часть сотрудников лаборатории преподает в этом университете, студенты и магистранты факультета принимают активное участие в исследовательских работах лаборатории Института географии.

Начало XXI в. связано с бурным расцветом и внедрением в геоморфологические исследования новых информационных технологий и компьютерных средств обработки информации. Новые возможности создаваемых электронных карт и ГИС и связанные с ними технологии наметили пути преодоления «информационного кризиса, вызванного огромным объемом накопившейся, но не до конца понятой и не всегда востребованной геоморфологической информации...» [15]. Следует ожидать дальнейших достижений в познании разнообразного рельефа Казахстана, переходе геоморфологии на качественно новый уровень в соответствии с потребностями современного общества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дедков А.П. Геоморфология: взаимодействие геологии и географии // География в Казанском университете. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2004. С. 23-47.
2. Тимофеев Д.А., Борсук О.А., Уфимцев Г.Ф. Геоморфология вчера, сегодня и завтра // Геоморфология. 1999. № 4. С. 3-10.
3. Лукашов А.А. Исследования по проблемам геоморфологии и палеогеографии кайнозоя. <http://www.rfbr.ru/default...>
4. Дедков А.П., Тимофеев Д.А. Зарубежная геоморфология во второй половине XX в. // Геоморфология. 1992. № 1. С. 3-12.
5. Эколого-геоморфологическая карта России. М.: ИГ РАН, 2003.
6. Природно-антропогенные процессы и экологический риск: К 250-летию МГУ. М., 2004. С. 19-87.
7. Рельеф Казахстана. Алма-Ата: Фильм, 1991. Ч. 1, 2. 176 с.
8. Нурмамбетов Э.И., Акиянова Ф.Ж., Медеу А.Р. Итоги и перспективы геоморфологических исследований в Казахстане // Географическая наука в Казахстане: результаты и пути развития. Алматы, 2001. С. 62-69.
9. Карта современной динамики рельефа Северной Евразии (в пределах России и сопредельных стран). Масштаб 1: 5 000 000 / Главные редакторы: академик В. М. Котляков, зам. гл. редактора профессор С. К. Горелов, научный консультант профессор А. Д. Тимофеев. Авторский коллектив по Казахстану: Нурмамбетов Э. И., Потапова Г. М., Медеу А. Р., Акиянова Ф. Ж. М., 2003.
10. Поздняков А.В. Геоморфодинамика в содержании и формах проявления // Геоморфология. 2005. № 1. С. 24-30.
11. Акиянова Ф.Ж. Геоморфологические основы современного развития и освоения Прикаспийских равнин Казахстана: Автореф. дис. ... докт. географ. наук. Алматы, 2004. 50 с.
12. Медеу А.Р., Киренская Е.Л., Есжанова А.С., Тасболат Б., Аскарлова М.А. Оценка риска селевого воздействия // Вестник КазНУ. Сер. географ. Алматы, 2004. №2. С. 104-109.
13. Медеу А., Тасболат Б. Совершенствование системы управления селевым риском в горных районах Юго-Восточного Казахстана // Известия НАН. Сер. геол. Алматы, 2005. №4. С. 50-54.
14. Нурмамбетов Э.И., Акиянова Ф.Ж. Общая физико-географическая характеристика Сарыарки. Восточная Сарыарка. Каркаралинский регион в прошлом и настоящем. Алматы, 2004. С. 28-43.
15. Пролеткин И.В. О некоторых «узловых моментах» в развитии геоморфологии. [http://www.sgu.ru/ogis/gis\\_otd/publ22.htm](http://www.sgu.ru/ogis/gis_otd/publ22.htm)

ISSN 911.52; 312.504

Г. В. ГЕЛЬДЫЕВА, И. Б. СКОРИНЦЕВА, Т. А. БАСОВА

## ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИГРАНИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИЙСКО-КАЗАХСТАНСКОГО СЕКТОРА

*Мақалада Ресей-Қазақстан секторының шекаралық аумақтарын кешенді ландшафтылық-экологиялық бағалаудың негізгі тәсілдері ашылды және олар басым көпшілігінде көмірсутекті шикізат өндіретін және мал жайылымы пайдаланылатын аудан болып табылатын Атырау облысының шекаралық аумағының мысалында көрсетілді.*

*Раскрыты основные подходы к комплексной ландшафтно-экологической оценке приграничных территорий Российско-Казахстанского сектора, которые продемонстрированы на примере приграничной территории Атырауской области, являющейся преимущественно районом добычи углеводородного сырья и пастбищного использования.*

*In the article the main approaches to the integrated landscape-ecological assessment of border territories in the Russian - Kazakhstan sector are considered and demonstrated on the example of border territory of the Atyrau oblast, which is mainly oriented to the extraction of hydrocarbons and grazing.*

Важность и необходимость решения вопросов приграничного природопользования в области природоохранной деятельности сопредельных государств отражены в Соглашении между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Казахстан о приграничном сотрудничестве на 1999–2007 гг. [1]. Постановление по данному вопросу было подписано 21 сентября 1999 г. за № 1055. Признавая необходимость выработки согласованных действий по широкому кругу проблем, в Соглашении были определены приграничные регионы, по которым Россия и Казахстан обязались осуществлять содействие развитию торгово-экономического, научно-технического, социального, культурного, гуманитарного и другого сотрудничества. К пограничным субъектам Российской Федерации отнесены Республика Алтай, Алтайский край, Астраханская, Волгоградская, Курганская, Новосибирская, Омская, Оренбургская, Саратовская, Самарская, Тюменская, Челябинская области; к пограничным субъектам Республики Казахстан – Актюбинская, Атырауская, Восточно-Казахстанская, Западно-Казахстанская, Кустанайская, Павлодарская, Северо-Казахстанская области.

Ландшафтно-экологические исследования и картографирование приграничных территорий в административных границах областей Республики Казахстан осуществлялись в рамках подписанного Соглашения, статьи 7: «Стороны будут содействовать совместному использованию природных ресурсов, охране окружающей среды, оказанию помощи в ликвидации последствий

чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

Географическая близость, торгово-экономические и гуманитарные связи, наличие предприятий с технологически взаимосвязанным производством и сложившейся инфраструктурой делают сотрудничество приграничных регионов Российской Федерации и Республики Казахстан жизненно важным для населения. Для практического осуществления согласованной структурной политики предусматривается дальнейшее развитие межотраслевого сотрудничества в области топливно-энергетического и агропромышленного комплексов, машиностроения, транспорта. Намечается объединение усилий по развитию взаимовыгодного сотрудничества в области экологии, санитарно-эпидемиологической обстановки, рационального и ресурсосберегающего природопользования.

Важным моментом межправительственного Соглашения являются договоренности по принятию необходимых мер в целях сохранения и оздоровления окружающей среды и обеспечения рационального природопользования на приграничных территориях, а также содействия разработке специальных природоохранных программ и проектов, особенно в экологически неблагоприятных районах. В связи с отмеченным для трансграничных территорий России и Казахстана следует разрабатывать проекты сотрудничества, обеспечивающие свободный и беспрепятственный обмен информацией по проблемам охраны окружающей среды. Для жителей приграничных



районов необходимым элементом сотрудничества является решение вопросов предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В столице Республики Казахстан Астане 15 сентября 2004 г. Советом глав правительств Содружества Независимых государств было принято решение «О концепции межрегионального и приграничного сотрудничества государств – участников Содружества Независимых государств», в котором определены общие положения, основные тенденции и особенности взаимодействия стран [2, 3].

Установлено, что в связи с образованием новых независимых государств после распада СССР в особо тяжелом положении оказалось население приграничных территорий, где были разорваны или существенно ограничены экономические, трудовые, культурные и бытовые связи. Острота возникших ситуаций, как социально-экономических, так и геозкологических, подтверждает необходимость реализации потенциала межрегионального и приграничного сотрудничества. Последнее предполагает вовлечение, в первую очередь, соседних стран в разработку и реализацию комплекса природоохранных мер, направленных на сбалансированное, устойчивое развитие приграничных природно-хозяйственных систем и нормальное жизнеобеспечение населения.

Согласно принятой Концепции межрегионального и приграничного сотрудничества государств, приграничная территория понимается как часть территории административно-территориальной единицы государства – участника СНГ, «административная граница которой совпадает с линией государственной границы государства – участника СНГ». Следует отметить, что перечень приграничных территорий, согласно Концепции, на которых осуществляется приграничное сотрудничество, определяется самим государством – участником СНГ в соответствии с национальным законодательством и соглашениями государств – участников СНГ с сопредельными государствами.

К основным факторам, определяющим особенности ландшафтно-экологического состояния приграничных с Россией территорий, относятся:

- природно-ресурсные, социально-экономические и градостроительные условия развития;
- особенности осуществления государственного контроля за обеспечением безопасного использования ресурсов;

- наличие условий для возникновения чрезвычайных ситуаций, имеющих трансграничные последствия;

- особенности режима межрегионального и приграничного информационного обмена с сопредельным государством.

Рассматривая ландшафтно-экологическое и социально-экономическое состояние приграничных территорий Российской Федерации и Республики Казахстан, можно выделить приоритетные направления совместной деятельности:

- разработка планов использования природно-ресурсного потенциала ландшафтов;

- регулирование техногенного воздействия на ландшафтную систему, включая управление промышленными отходами, складирование и утилизацию опасных веществ, контроль за источниками загрязнения;

- создание информационной системы о ландшафтно-экологическом состоянии регионов;

- внедрение наиболее передовых технологий в сельском хозяйстве и промышленности в целях рационального использования природных ресурсов;

- разработка и реализация совместных программ по природоохранной деятельности, в том числе трансграничного переноса вредных веществ водными системами, воздушными потоками и миграционными потоками в почвогрунтах;

- совместный экологический контроль за развитием негативных процессов и явлений природного и техногенного происхождения;

- разработка и обеспечение системы экологического мониторинга;

- совместная разработка мер по сохранению ландшафтного и биологического разнообразия;

- разработка мер по совместной охране трансграничных вод;

- совместное осуществление экологического аудита природопользователей;

- применение согласованной системы наблюдения и контроля за состоянием экосистем в долинах трансграничных водных систем.

Перечисленные приоритетные направления совместной деятельности по охране окружающей среды приграничных территорий Республики Казахстан с Российской Федерацией далеко не исчерпывают весь объем существующих проблем и природоохранных задач, требующих решения для создания условий устойчивого развития природно-хозяйственных систем РК в пределах приграничных с Россией территорий.



В частности, очень важны согласованные действия соседних стран по реализации проектов землепользования и землеустройства на приграничных территориях, создание особо охраняемых природных территорий (национальных парков, заповедников и др.). С учетом наличия экологических проблем непосредственно по Каспийскому морю и прогнозируемого прироста разведанных запасов и добычи углеводородного сырья в морской акватории требуются разработка совместного экологического обоснования и согласование мер, стратегических положений и методов осуществления морских нефтегазовых операций. Актуальной является разработка ландшафтно-экологического обеспечения предполагаемых направлений транспортировки углеводородов странами, морские границы которых в Каспийском море определены международными соглашениями, направленными на совместное решение экологических, технологических, экономических вопросов освоения КСКМ (казахстанский сектор Каспийского моря).

Для ландшафтно-экологического анализа приграничных территорий необходимо осуществление комплексных многоплановых географических исследований по четырем составляющим: естественных природных условий; ландшафтной структуры, ее трансформации под воздействием антропогенных факторов техногенного и сельскохозяйственного происхождения; социально-экономических условий. Как и всякое географическое исследование, ландшафтно-экологический анализ и картографирование приграничных территорий Республики Казахстан должны опираться на фундаментальные закономерности строения, функционирования, динамики, развития геосистем всех уровней. Операционной территориальной единицей ландшафтно-экологического анализа приграничных территорий нами выбран природно-территориальный комплекс (геосистема), каждый из которых обладает определенным экологическим потенциалом, определенной степенью устойчивости к антропогенному воздействию, является целостным пространственно-территориальным образованием и носителем разнообразной экологической информации.

Природный экологический потенциал современных ландшафтов приграничных территорий Республики Казахстан подвергался и подвергается различным видам антропогенного воздей-

ствия, в результате чего формируются экологические очаги депрессивности (напряжения), значительно ухудшающие качество среды обитания. Ландшафтный подход для анализа и оценки экологического состояния приграничных территорий имеет несомненное и существенное преимущество перед множеством других подходов, так как он дает оценку механизма взаимодействия природных компонентов, внутриландшафтных и межландшафтных связей. Ландшафтно-экологические исследования приграничных территорий носят региональный аспект и имеют своей целью выявление особенностей структурной организации и закономерностей территориальной дифференциации природно-территориальных комплексов различного таксономического уровня. Важнейшей составляющей исследований являются оценка экологического потенциала природно-территориального комплекса (ПТК) и анализ антропогенных факторов воздействия на них. Для принятия решения в области экологической политики и рационального природопользования в приграничных регионах необходимо оценить устойчивость ландшафтов к антропогенным воздействиям, степень и скорость изменения экологического потенциала, определить критические значения «порога устойчивости» к антропогенным нагрузкам. Перечисленные аспекты могут стать основой научного обоснования экологических нормативов, т.е. предельно допустимых нагрузок в районах приграничного природопользования, и главным базовым положением для принятия совместного решения Российской Федерацией и Республикой Казахстан в области экологической политики и рационального природопользования.

Для устойчивого развития сопредельных государств Российско-Казахстанского сектора необходимы выявление трансграничных экологических проблем и совместное их решение на основе принципа учета межгосударственных интересов природопользования и выработки общей стратегии природоохранной деятельности. Это положение предполагает выделение приграничных проблем регионального (областного) и локального (районного) уровней. Под региональным уровнем приграничья или макроуровня, согласно Концепции приграничного сотрудничества в Российской Федерации, подразумеваются субъекты государства, имеющие выход к государственной границе. Локальный (районный) уровень или



мезоуровень представляет собой административные районы, часть внешних границ которых совпадает с государственной границей.

Ландшафтно-экологическое состояние на региональном уровне приграничной Атырауской области обусловлено следующими главными позициями: небольшой протяженностью пограничной с Российской Федерацией полосы, где преобладают ландшафты сельскохозяйственного использования, в то время как ландшафты с техногенной трансформацией нефтегазоносного происхождения расположены на юге приграничной области; большая часть Атырауской области граничит с Каспийским морем, представляющим собой внешнюю границу области с другими государствами; интенсивное освоение районов нефтегазоносных месторождений прибрежной и шельфовой зоны Каспийского моря определяет экологическое состояние области в целом и сопредельной с Россией приграничной территорией в частности.

В результате комплексного географического изучения приграничной территории Атырауской области были разработаны и реализованы для конкретных региональных условий принципы и методы ландшафтно-экологической оценки районов, испытывающих преимущественно промышленно-техногенное и несколько меньше пастбищное антропогенное воздействие. Одновременно данные принципы с соответствующей корректировкой применены в блоке работ, посвященных прикладному и целевому ландшафтно-экологическому картографированию приграничных территорий. Установлено, что ландшафтно-экологический анализ приграничных территорий носит региональный аспект и имеет своей целью выявление особенностей структурной организации и закономерностей территориальной дифференциации природно-территориальных комплексов различного таксономического ранга. Важнейшей составляющей исследований стали оценка экологического потенциала природно-территориальных комплексов (ПТК) и анализ антропогенных факторов воздействия на них.

При ландшафтно-экологической оценке приграничного региона за основу были приняты методологические и методические принципы ландшафтно-экологического анализа, разработанные ранее в ходе фундаментальных географических исследований [4]. Были предложены и реализованы следующие ведущие методы изучения

приграничных территорий: ландшафтный, ландшафтно-индикационный, комплексного целевого районирования, тематического картографирования с использованием метода дистанционного зондирования.

Исследования позволили определить ведущие природные, антропогенные, социально-экономические и демографические факторы, определяющие экологическое состояние приграничных регионов. Выявленные факторы антропогенного воздействия на природно-территориальные комплексы дали возможность оценить степень нарушения ландшафтов при техногенном и сельскохозяйственном воздействии, что в конечном итоге наряду с анализом ландшафтной структуры легло в основу комплексной экологической оценки современного состояния приграничной ландшафтной системы.

Приграничная территория Атырауской области Республики Казахстан, представленная Курмангазинским административным районом, граничит с Володарским, Красноярским, Харабалинским, Ахтубинским административными районами Астраханской области Российской Федерации. Значительная протяженность границы, единые ландшафтно-экологические условия, историческая общность хозяйствования, выработанная за годы существования Советского Союза, делает российско-казахстанскую границу в Астраханско-Атырауском секторе контактной, определяет общую направленность хозяйственной деятельности приграничных территорий обоих государств и сходные экологические проблемы. К экологическим проблемам приграничных территорий Атырауской области РК и Астраханской области, требующим первоочередного решения, нами отнесены нарушение естественного гидрологического режима и деградация пойменных экосистем; загрязнение поверхностных вод; дефицит вод питьевого назначения; дефляция почв; деградация пастбищной растительности; утрата нерестилищ и ухудшение условий рыбовоспроизводства (рыбных местообитаний); проблемы утилизации промышленно-бытовых отходов; загрязнение атмосферы; химическое загрязнение почв; ликвидация последствий ядерных взрывов; потеря биоразнообразия при подъеме уровня Каспийского моря; загрязнение и нарушение экосистем шельфовой зоны; комплексное нарушение режима ООПТ и отсутствие международной сети заповедников и репрезентативных



ландшафтных резерватов, создающих единый ландшафтно-репрезентативный природно-заповедный каркас.

В ландшафтном отношении приграничная территория Атырауской области представляет собой относительно опущенную равнину, приуроченную к пустынной зоне. Среди ландшафтов выделяются морские, аллювиально-дельтовые и эоловые равнины, причем наибольшим разнообразием отличаются ландшафты морских (8 видов ландшафтов) и эоловых равнин (7 видов ландшафтов), в общей сложности занимающих 75% всех выделенных ПТК. Аналогичность геолого-геоморфологических, климатических условий, преобладание равнинного рельефа предопределили схожесть ландшафтной организации приграничных территорий Атырауской и Астраханской областей. Так, на сопредельной территории Астраханской области доминируют пустынные ландшафты эоловых и аллювиально-дельтовых относительно опущенных равнин.

Приграничные территории Атырауской и Астраханской областей характеризуются одинаковым набором видов антропогенного воздействия, наиболее значимыми из которых являются сельскохозяйственный (главным образом, пастбищный), промышленно-техногенный, дорожно-техногенный и селитебный. Картографический анализ антропогенного воздействия на ландшафты приграничной территории Атырауской области позволил установить, что около 50% территории в пределах ПТК эоловых, морских и аллювиально-дельтовых равнин характеризуется умеренной степенью нарушенности вследствие пастбищного вида воздействия. Ландшафты значительной и сильной степени нарушенности занимают более 20% площади приграничной территории и приурочены к районам добычи и транспортировки углеводородного сырья в пределах эоловых и аллювиально-дельтовых равнин, а также к местам чрезмерного выпаса скота. На сопредельной приграничной территории Астраханской области РФ преобладают ландшафты умеренной и несколько меньше значительной степени нарушенности, трансформированные вследствие пастбищного, линейно-техногенного и промышленного воздействия.

Исследованиями установлено, что на приграничной территории Атырауской области выделяются пять уровней экологического состояния: благоприятное, относительно благоприятное,

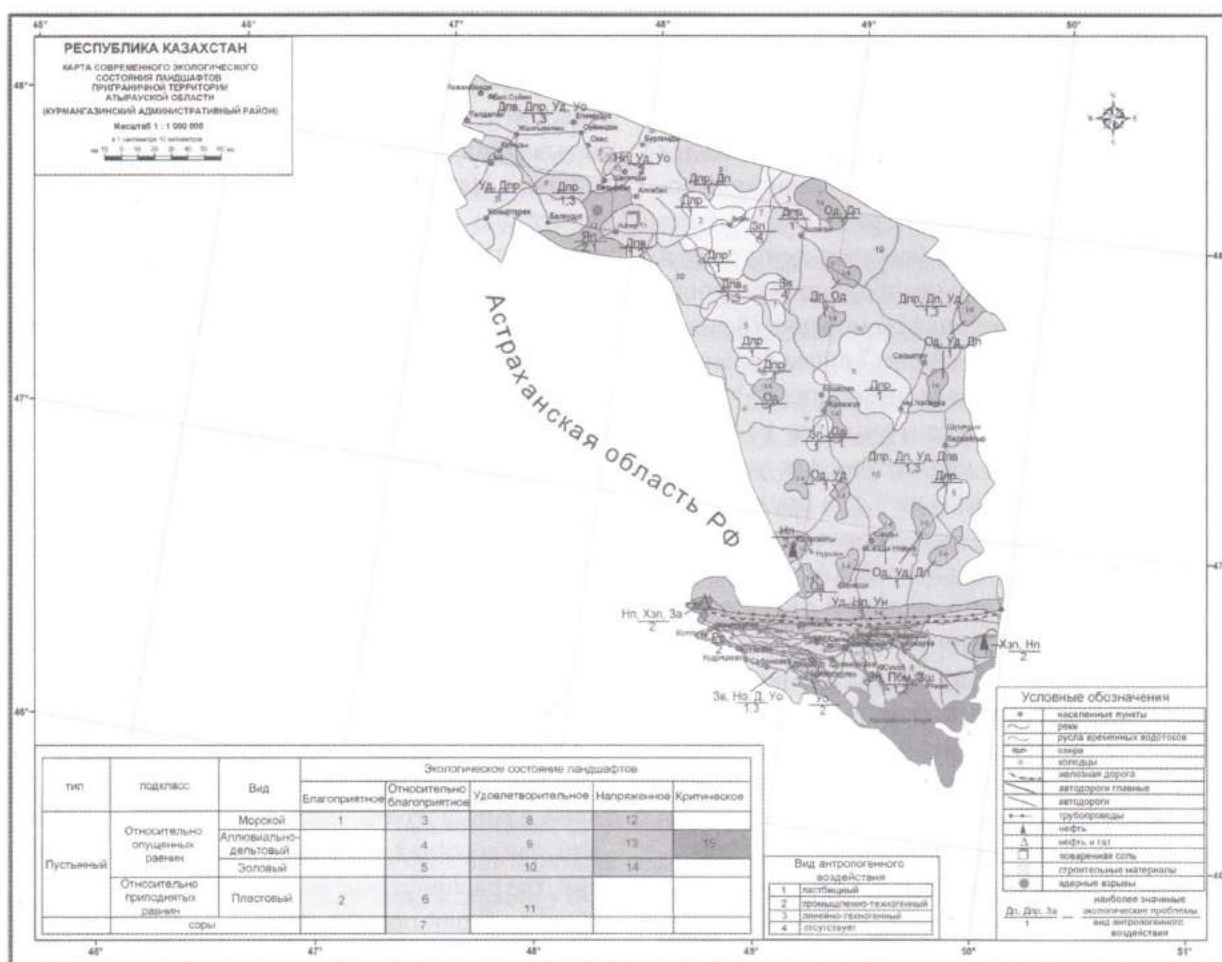
удовлетворительное, напряженное, критическое. Наибольшие площади – 61,2% территории приграничного района занимают ландшафты удовлетворительного экологического состояния, испытывающие в основном пастбищный вид воздействия. Напряженное экологическое состояние характерно для 12,6% площади приграничной территории Атырауской области. Это ландшафты преимущественно аллювиально-дельтовых, морских и эоловых равнин южной части приграничного района, приуроченные непосредственно к местам добычи и транспортировки углеводородного сырья, а также морские равнины испытательного полигона «Азгир» (см. рис.).

Сопряженный ландшафтно-экологический анализ сопредельной с Атырауской областью приграничной территории Астраханской области РФ позволил установить, что здесь преобладают ландшафты удовлетворительного экологического состояния, приуроченные главным образом к пастбищным и частично районам орошаемого земледелия. Наибольшая степень экологической напряженности отмечается в ландшафтах территории административного управления г. Астрахани, ландшафтах, прилегающих к пос. Аксарайский, где распространены предприятия газоперерабатывающей промышленности, и в ландшафтах эоловых равнин Харабалинского, Красноярского административных районов, испытывающих сильное пастбищное воздействие.

Экологическая опасность ландшафтов при сельскохозяйственном воздействии на сопредельной приграничной территории Атырауской и Астраханской областей обусловлена высокой степенью использования ПТК под пастбищное животноводство. Кроме того, в долинных ландшафтах Астраханской области отмечается значительная степень освоенности последних под орошаемое земледелие. На приграничной территории Атырауской области выделены пять уровней экологической опасности, обусловленных сельскохозяйственным воздействием. Сильная и значительная экологическая опасность земель при сельскохозяйственном использовании отмечается в Сафоновском, Ганюшкинском, Байдинском, Кудряшовском, Нуржауском, Приморском природно-сельскохозяйственных районах (ПСР); низкая экологическая опасность – главным образом в Азгирском, Енбекшинском, Кировском ПРС.

На сопредельной территории Астраханской области РФ наибольшая экологическая опасность





Карта современного экологического состояния ландшафтов приграничной территории Атырауской области

земель отмечается в ПТК Ахтубинского административного района, где нагрузка скота на пастбища достигает 80 голов на 100 га и выше, а также на орошаемых массивах Володарского и Красноярского административных районов.

Экологическая опасность ландшафтов при техногенном воздействии на приграничной территории Атырауской области обусловлена интенсивным техногенным воздействием на юге района, где осуществляются добыча и транспортировка углеводородного сырья (месторождения Имашевское, Октябрьское, Тобеарал), развитием дорожной и трубопроводной сети. На приграничной территории Астраханской области расположены промышленно- и линейно-техногенные объекты, такие, как Аксарайский газоперерабатывающий комбинат, предприятия Астрахани, ирригационные системы, приуроченные к долине р. Волги, ее притоков и рукавов.

На приграничной территории Атырауской области слабой и умеренной степени экологической опасности при техногенном воздействии подвержены 39% всей площади главным образом золотые, морские и пластовые ПТК. Значительная и сильная степень экологической опасности ПТК отмечается на 10% площади приграничной территории в ландшафтах аллювиально-дельтовых и морских равнин, приуроченных к районам непосредственной добычи и транспортировки углеводородного сырья. На сопредельной территории Астраханской области сильной степени экологической опасности подвержены морские и аллювиально-дельтовые ландшафты Красноярского и Володарского районов, где наблюдается интенсивная добыча углеводородного сырья, и аллювиально-дельтовые ландшафты, испытывающие мелиоративное воздействие.

Анализ демографической ситуации, сложившейся на приграничной территории Атырауской области под воздействием факторов окружающей среды и социально-экономических условий жизни населения, в последние годы показал, что за 2000–2006 гг. наблюдался рост рождаемости с 18,6 до 23,1‰ на фоне общей тенденции снижения смертности. Демографическую ситуацию сопредельной территории Астраханской области РФ можно охарактеризовать как благополучную: во всех приграничных административных районах сохраняется положительный естественный прирост населения.

Таким образом, на сопредельных приграничных территориях Атырауской и Астраханской областей прослеживаются схожие природные условия, однонаправленность природопользования, обуславливающие наличие аналогичных экологических проблем, что в целом облегчает задачу разработки превентивных мер по стабилизации экологического состояния всей пограничной территории и снижению антропогенной нагрузки на нее. Перечень природоохранных мероприятий по стабилизации экологического состояния приграничной Атырауской области разработан с учетом экологических проблем, интересов сопредельных территорий и носит адресный характер.

Проведенное исследование является первым в изучении цепи экологических проблем транс-

граничных территорий, требующих своего решения. Необходимость их решения определено Программой приграничного сотрудничества регионов Российской Федерации и Республики Казахстан на 2008–2011 гг. (Новосибирск, 2007 г.) [5]. Полученные результаты исследования могут и должны стать инструментом принятия решений организационного и управленческого уровней административными органами двух государств – Российской Федерации и Республики Казахстан.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Соглашение между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Казахстан о приграничном сотрудничестве регионов Российской Федерации и Республики Казахстан на 1999 – 2007 годы. Астана, 1999. № 1055.
2. О концепции межрегионального и приграничного сотрудничества государств – участников Содружества Независимых государств. Астана, 2004.
3. О государственной программе освоения казахстанского сектора Каспийского моря: Указ Президента Республики Казахстан от 16 мая 2003 года № 1095, САПП Республики Казахстан. 2003. № 21-22. Ст. 209.
4. Гельдыева Г.В., Будникова Т.И. и др. Ландшафтное обеспечение схемы борьбы с опустыниванием в долине реки Сырдарья. Алматы, 2004.
5. Программа приграничного сотрудничества регионов Российской Федерации и Республики Казахстан на 2008–2011 гг. Новосибирск, 2007.



УДК 911.2

Т. С. ГУЛЯЕВА, В. П. БЛАГОВЕЩЕНСКИЙ

## РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЖЕТЫСУСКОГО АЛАТАУ ПО СТЕПЕНИ БЛАГОПРИЯТНОСТИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

*Жетісу Алатауының рекреациялық жерлері бедерінің, гидрологиясының, өсімдігінің, климатының, ландшафтылық әртүрлілігінің, көліктік қолайлығының жағдайлары бойынша бағаланды. Жеке құрамбөліктерді бағалаудың нәтижелері бойынша рекреациялық іс-әрекетті дамыту үшін аумақтар: өте қолайлы, қолайлы, салыстырмалы қолайлы, қолайлылығы шамалы және қолайсыз деп бөлінді.*

*Рекреационные местности Жетысуского Алатау оценивались по условиям рельефа, гидрологии, растительности, климата, ландшафтного разнообразия, транспортной доступности. По результатам оценки отдельных компонентов были выделены территории с очень благоприятными, благоприятными, относительно благоприятными, мало благоприятными и неблагоприятными условиями для развития рекреационной деятельности.*

*Recreational territories of the Zhetysuskiy Alatau were estimated taking into account relief, hydrology, vegetation, climate, landscape diversity, transport infrastructure. Regionalization according to 5 categories of recreation conditions (very favourable, favourable, relatively favourable, low favourable, and nonfavourable) was made.*

Вопросы оценки территории с точки зрения благоприятности для развития рекреационной деятельности рассматривались, в частности, в работах [1–4]. Обычно рекреационная оценка местности складывается из оценок ряда компонентов природной и социально-экономической среды. В нашей работе мы использовали 5 компонентов: рельеф, водные объекты, растительность, климат, ландшафтное разнообразие, транспортную доступность. Для рекреационной оценки каждого из этих компонентов были проведены специальные исследования.

Вся территория Жетысуского Алатау была разделена на 30 рекреационных местностей (см. рис. 1 в статье Т. С. Гуляевой в этом журнале). Рекреационная ценность каждого из компонентов определялась по 5-балльной шкале. Результаты оценки приведены в табл.

Для характеристики форм рельефа обычно применяется несколько показателей, а именно относительные высоты, крутизна склонов, расчлененность территории, глубина и густота встречаемости долин.

Водные объекты обладают ярко выраженным притягательным свойством, особенно в этом отношении выделяются горные озера. Значимость показателей, характеризующих особенности сочетания водных объектов с другими компонентами ландшафта, особенно рельефа, отмечают многие исследователи. Оценка вод определялась по их обилию и масштабности площадей.

*Растительность.* Все параметры, оценивающие эстетические качества растительности, сводятся к определению природного состава, сомкнутости кроны и т.д. Ценность лесной и другой растительности определяется ее обилием и особенностями распределения, в частности по склонам и руслам рек. Значение растительности как рекреационного ресурса определяется также наличием уникальных, редких и красиво цветущих видов растений.

Особенно ценно наличие в рекреационной местности леса. По результатам различных оценок наиболее привлекательным считается смешанный лес, зрелый с разреженным подлеском. Исключения могут составлять уникальные формации или те, в которых есть элемент экзотики (например, ельники зеленомошники и др.).

*Климат.* Важную роль в формировании положительных эмоций при проведении туристических путешествий играет комфортность природной обстановки и климата для организма человека. Поэтому в природно-климатические оценочные показатели была включена, в первую очередь, благоприятность климата для жизнедеятельности человека. В качестве основы была взята биоклиматическая оценка ландшафтов рекреационной местности, предложенная выше.

*Ландшафтное разнообразие.* Отличаясь значительным разнообразием природных условий, Жетысуский Алатау обладает значительным количеством примечательных природных ланд-

## Оценка рекреационных местностей по степени пригодности для рекреации, баллы

№ п/п	Рекреационная местность	Рельеф	Водные объекты	Растительность	Климат	Ландшафтное разнообразие	Транспортная доступность	Сумма баллов	Пригодность для рекреации	Виды рекреационной деятельности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Кояьдинская	4	4	4	4	3	1	20	Благоприятные	Альпинизм, горный туризм, экотуризм
2	Токсанбай-Бежинтауская	4	5	3	4	4	1	21	Благоприятные	Альпинизм, горный туризм, экотуризм, горные лыжи, водный туризм
3	Тышкантауская	4	5	3	4	2	1	19	Благоприятные	Альпинизм, горный туризм, экотуризм
4	Осекская	1	3	1	2	2	2	11	Неблагоприятные	Экскурсии, равнинные лыжи, лечебный туризм
5	Дегересская	3	3	1	3	2	1	13	Мало благоприятные	Экскурсии
6	Алтынэмель-Суаттская	4	4	3	4	3	2	20	Благоприятные	Горный туризм, экотуризм, познавательный туризм
7	Шанханай-Когоалинская	1	4	2	3	2	5	17	Относительно благоприятные	Познавательный туризм, мототуризм, равнинные лыжи
8	Коньроленская	2	2	1	2	1	4	12	Мало благоприятные	Познавательный туризм, мототуризм
9	Ортагауская	3	1	1	3	1	1	10	Неблагоприятные	Экскурсии
10	Коктерекская	1	1	1	2	2	2	9	Неблагоприятные	Мототуризм
11	Алабас-Котыркюйская	3	3	1	2	2	2	13	Мало благоприятные	Познавательный, мототуризм, экскурсии
12	Муқырская	2	2	1	2	1	1	9	Неблагоприятные	Мототуризм, экскурсии
13	Верхнеаксуйская	5	5	4	4	3	1	22	Благоприятные	Горный туризм, альпинизм, водный туризм, экотуризм
14	Коксуйская	5	4	4	5	2	2	22	Благоприятные	Горный туризм, альпинизм, водный туризм, экотуризм
15	Текелийская	4	4	4	4	4	2	22	Благоприятные	Горный туризм, горные лыжи, водный туризм, мототуризм, экотуризм
16	Балыктинская	3	4	2	3	3	4	19	Благоприятные	Мототуризм, равнинные лыжи, экскурсии
17	Жельдыкарагайская	4	3	3	4	3	1	18	Относительно благоприятные	Горный туризм, горные лыжи, равнинные лыжи
18	Кайракольская	2	2	1	2	3	3	13	Мало благоприятные	Экскурсии
19	Капальская	1	3	1	3	2	4	14	Мало благоприятные	Лечебный туризм, мототуризм, равнинные лыжи, познавательный туризм
20	Конжота-Кондаракская	5	5	2	3	2	0	17	Относительно благоприятные	Альпинизм, горный туризм
21	Баскан-Тентекская	5	5	5	5	5	1	26	Очень благоприятные	Горный туризм, горные лыжи, водный туризм, экотуризм



Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
22	Ешкюльмес-Сарымсақтинская	3	3	3	4	3	3	19	Благоприятные	Мототуризм, равнинные лыжи
23	Кеттыбай-Шыбындынская	2	2	2	2	1	1	10	Неблагоприятные	Экскурсии
24	Теректы-Гентекская	2	2	2	3	2	3	14	Мало благоприятные	Мототуризм, равнинные лыжи
25	Кокжага-Сандықтасская	4	5	4	4	5	1	23	Очень благоприятные	Горный туризм, экотуризм
26	Жуман-Тастауская	4	4	4	4	2	0	18	Относительно благоприятные	Горный туризм, горные лыжи, экотуризм
27	Бесбакан-Кунгейская	5	5	4	5	5	0	24	Очень благоприятные	Горный туризм, горные лыжи, водный туризм, экотуризм
28	Белькаин-Есиркепская	3	3	3	3	2	2	16	Относительно благоприятные	Горный туризм, экотуризм
29	Кайканская	2	2	2	3	2	1	12	Мало благоприятные	Экскурсии
30	Айпаринская	2	3	3	5	1	2	16	Относительно благоприятные	Мототуризм, равнинные лыжи

шафтов, что перспективно для развития туристической деятельности. Оценка ландшафтного разнообразия в баллах проводилась в зависимости от количества видов ландшафтов, присутствующих в данной местности:

Количество видов ландшафтов	1-5	6-10	11-15	16-20	>20
Баллы	1	2	3	4	5

Транспортная доступность в большой мере определяет оценку эстетических ресурсов. Она зависит от наличия вида дорог и их протяженности.

На конечном этапе для каждой рекреационной местности подсчитывалась сумма баллов рекреационной оценки всех компонентов (см. табл.). В зависимости от полученной суммы баллов определялась степень пригодности местности для развития рекреационной деятельности:

Сумма баллов	9-11	12-14	15-18	19-22	23-26
Пригодность для развития рекреации	Очень благоприятная	Благоприятная	Относительно благоприятная	Мало благоприятная	Неблагоприятная

По результатам оценки составлена карта районирования территории Жетысуского Алатау по степени пригодности для развития рекреационной деятельности (см. рис.).

Для каждой рекреационной местности в зависимости от природных особенностей были определены наиболее перспективные виды рекреационной деятельности (см. табл.). На террито-

рии Жетысуского Алатау возможно развитие 11 основных видов рекреационной деятельности: альпинизма, горного туризма, водного туризма, экологического туризма, горнолыжного спорта, лыжного туризма, мототуризма, познавательного туризма, лечебного туризма, экскурсионного туризма, дачной рекреации.

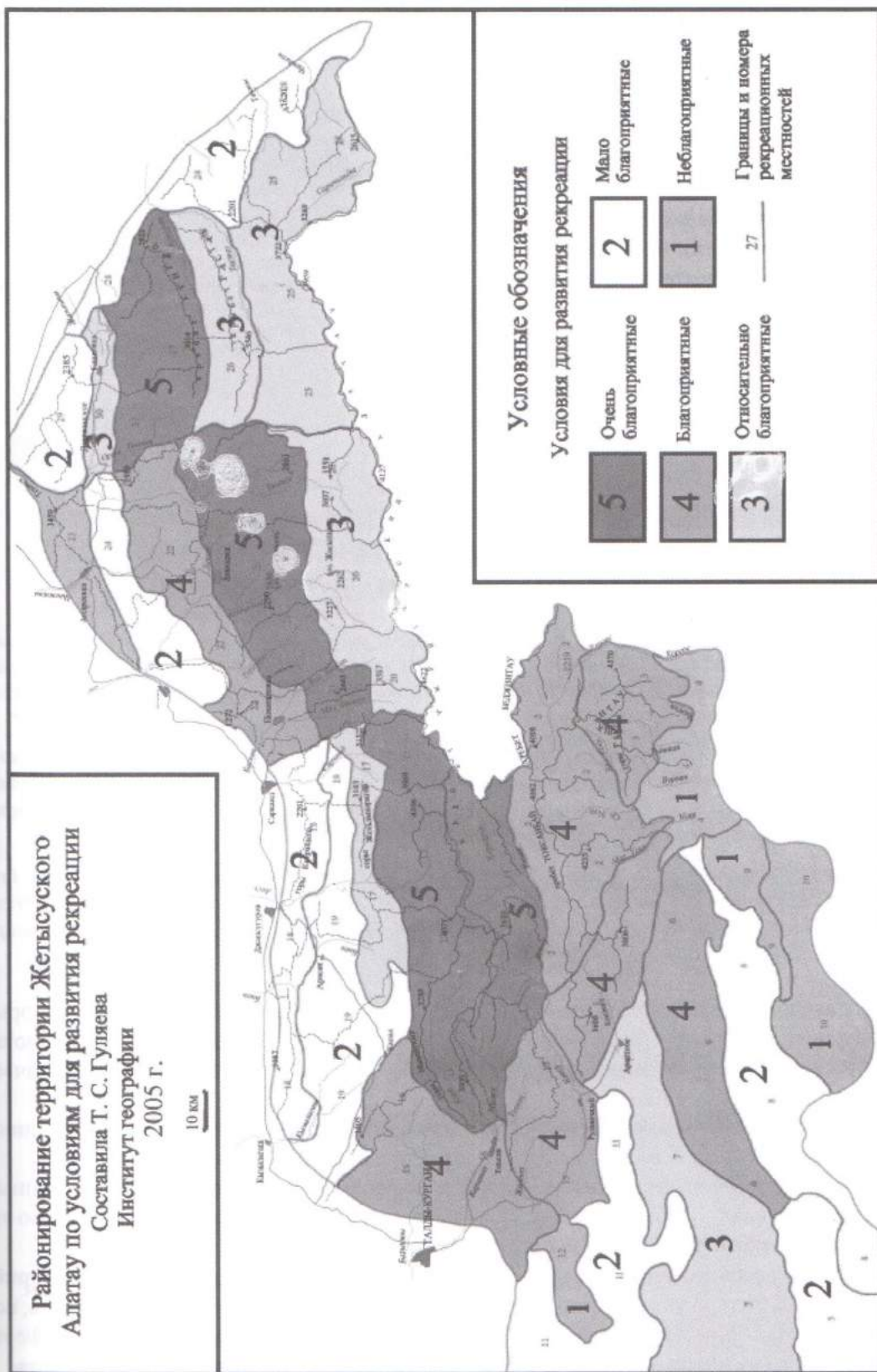
Устойчивые комбинации этих видов рекреационной деятельности в пределах рекреационных местностей образуют тип рекреационного природопользования. Для Жетысуского Алатау можно выделить 5 таких типов:

- 1) высокогорный, спортивный и экстремальный;
- 2) среднегорный, спортивно-оздоровительный и экологический;
- 3) низкогорный, экскурсионно-познавательный;
- 4) низкогорных котловин, транспортно-познавательный и лечебный;
- 5) предгорных равнин, транзитно-познавательный.

Территориальные различия природных ресурсов позволяют сгруппировать рекреационные территории по возможностям их рекреационного использования:

1. Интенсивно используемые территории благодаря относительной доступности и значительному потенциалу рекреационных ресурсов (рекреационные местности № 7, 15, 16, 19, 22, 24).

2. Экстенсивно используемые территории, где развиваются отдельные виды рекреации



Карта оценки условий для развития рекреации



(рекреационные местности № 1, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 18, 21, 23, 25, 28, 29, 30).

3. Слабо используемые территории с ограниченными рекреационными возможностями и не имеющие удобных транспортных связей (рекреационные местности № 2, 3, 6, 13, 14, 20, 23, 26, 27).

Наиболее интенсивная рекреационная деятельность возможна в Верхнеаксуской, Коксуской и Текелийской рекреационных местностях, где есть условия практически для всех видов горной рекреации. В настоящее время относительно интенсивная рекреационная деятельность отмечается лишь в Чижинской рекреационной мест-

ности. В остальной части Жетысуского Алатау рекреационная деятельность развита слабо и зачастую носит фрагментарный и кратковременный характер.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ведин Ю.А., Мирошниченко Н.Н. Оценка природных условий для организации отдыха // Изв. АН СССР. Сер. географическая. 1969. №4. С. 20-25.
2. Данилова Н.А. Климат и отдых в нашей стране. М., 1980. 125 с.
3. Супруненко Ю.П. На высотных этажах планеты: (Торное природопользование). М., 1999. 496 с.
4. Тарасов А.И. Рекреационное лесопользование. М.: Наука, 1979. 178 с.

УДК 911.2

Т. С. ГУЛЯЕВА

## РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЖЕТЫСУСКОГО АЛАТАУ ПО СТЕПЕНИ НАРУШЕННОСТИ ЛАНДШАФТОВ

*Ландшафтылардың бұзылу дәрежесі бойынша Жетісу Алатауының аумағын аудандау елді мекендердің санын, жолдардың ұзындығын, егістіктердің, жайылымдардың, ормандардың, пайдаланылатын жерлердің, ерекше қорғалатын жабиғи аумақтарды ескере отырып орындалды. Ландшафтылардың бұзылу дәрежесі бойынша барлық рекреациялық жерлер: шала, орташа және күшті бұзылған деп үш санатқа бөлінді.*

*Районирование территории Жетысуского Алатау по степени нарушенности ландшафтов выполнено с учетом количества населенных пунктов, протяженности дорог, наличия пашен, пастбищ, лесов, неиспользуемых земель, особо охраняемых природных территорий. По степени нарушенности ландшафтов все рекреационные местности были разделены на 3 категории: со слабой, средней и сильной нарушенностью.*

*The regionalization of the Zhetysuskiy Alatau by the degree of landscape disturbance was made taking into account the number of settlements, road length, area of arable lands, pastures, forests, wild lands, protected territories. All recreation territories were divided into three categories: with low, medium, and high degree of landscape disturbance.*

Как известно, экологический туризм подразумевает нахождение человека в естественных неизменных природных условиях в целях общения с природой. Основная ценность территории для экологического туризма – ее эстетическая и познавательная ценность, возможность пребывания человека в гармонии с окружающим миром в природных условиях.

Развитие экологического туризма требует специального научного исследования, первым шагом которого должно быть изучение природных рекреационных возможностей территории. Специфика развития экологического туризма – использование минимально преобразованных или полностью девственных ландшафтов.

Следует выделить характеристики, которыми должен обладать ландшафт, для использования его в качестве экологического туристического ресурса:

полное отсутствие признаков антропогенного использования;

минимально привнесенные антропогенные загрязнения через естественную циркуляцию атмосферы и гидросферы;

определенная удаленность от территорий, вовлеченных в хозяйственную деятельность, позволяющая ощущать психологический комфорт; уникальность или типичность ландшафта.

Рекреационные возможности территории очень тесно связаны со степенью преобразован-

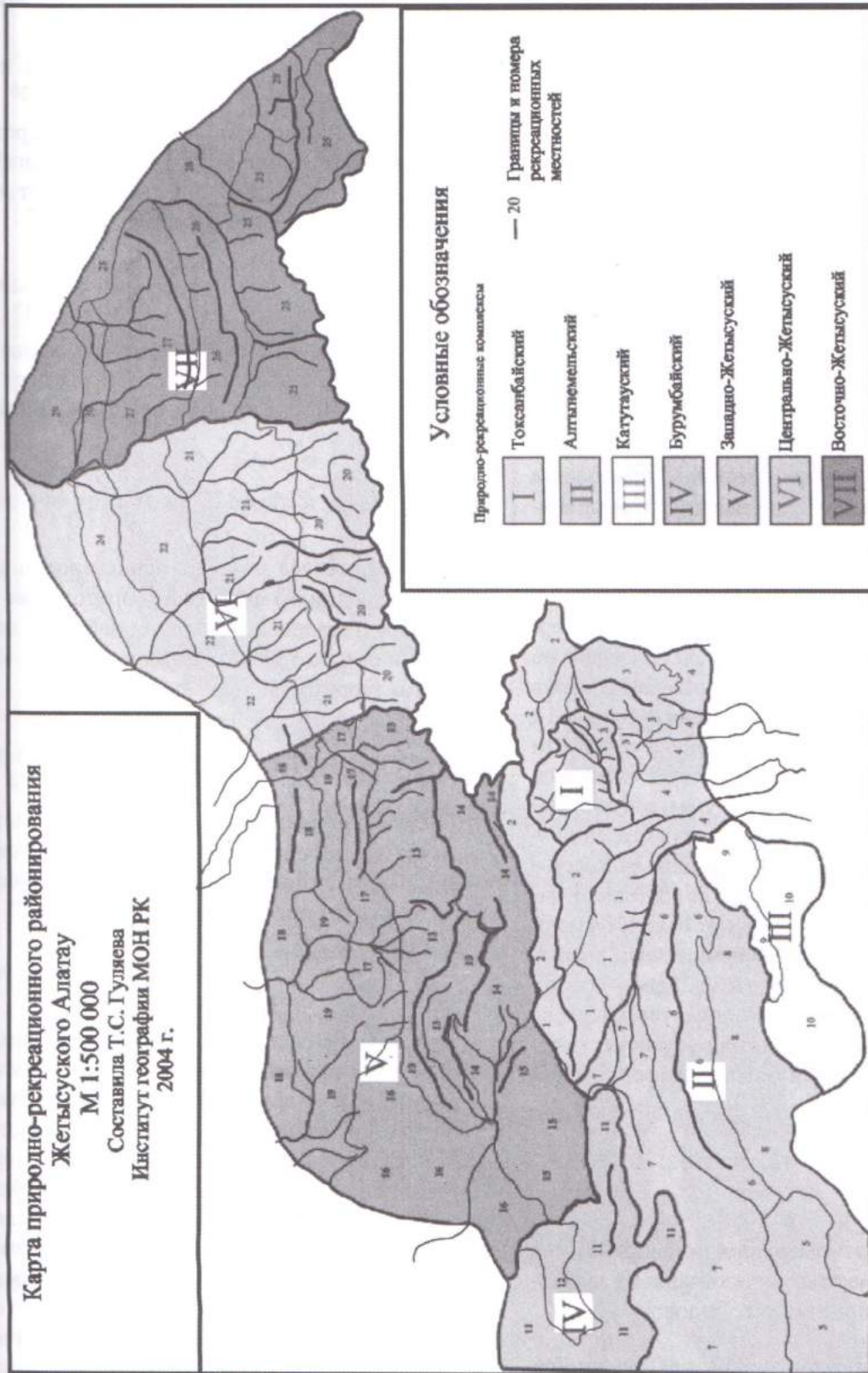


Рис. 1. Схема природно-рекреационного районирования Жетysayского Алатау



ности ландшафтов. Малая степень преобразованности при наличии значительных водных ресурсов, больших площадей лесного фонда, охраняемых природных территорий, ландшафтного разнообразия, комфортных погодных условий при минимальном населении создают очень благоприятные условия для развития рекреационной деятельности и, в первую очередь, для экологического туризма.

Некоторые подходы к оценке нарушенности ландшафтов, предназначенных для рекреационного использования, изложены в работах [1–3].

Степень преобразованности ландшафтов напрямую связана с антропогенной нагрузкой. Для определения степени преобразованности ландшафтов территории нами были выявлены основные факторы воздействия антропогенной деятельности. К ним относятся количество населенных пунктов, площадь нарушенных земель, длина дорог, площади пашен, пастбищ, сенокосов, а также земли лесного фонда, неиспользуемые земли (каменные россыпи, снежники, ледники), земли охраняемых природных территорий (заповедники, национальные парки, заказники).

Для оценки нарушенности ландшафтов вся территория Жетысуского Алатау была разделена на 30 рекреационных местностей, объединенных в 6 природно-рекреационных комплексов (см. рис. 1).

Наличие в данной рекреационной местности неиспользуемых земель соответствует очень низкой степени антропогенной нагрузки (от 0 до 5 баллов); земель лесного фонда – низкой степени нагрузки (от 6 до 10 баллов); пастбищ и сенокосов – средней степени нагрузки (от 11 до 15 баллов); пашен – высокой степени нагрузки (от 16 до 20 баллов); населенных пунктов, нарушенных земель, дорог – очень высокой степени нагрузки (от 21 до 25 баллов).

**Населенные пункты.** Количество населенных пунктов в рекреационных местностях соответствует следующим баллам антропогенной нагрузки:

Количество населенных пунктов	0–6	7–13	14–20	21–27	28–35
Баллы	21	22	23	24	25

**Дороги.** Баллы измененности ландшафтов в рекреационной местности назначались в зависимости от общей протяженности дорог:

Протяженность дорог, км	0–100	101–200	201–300	301–400	401–500
Баллы	21	22	23	24	25

**Пашни.** Эти земли отнесены к высокой степени нагрузки на ландшафты и соответствуют баллам антропогенной нагрузки от 16 до 20 в зависимости от доли распаханых земель:

Площадь пашни, %	0–20	21–40	41–60	61–80	81–100
Баллы	16	17	18	19	20

**Пастбища и сенокосы** соответствуют средней степени антропогенной нагрузки на ландшафты с баллами от 11 до 15 в зависимости от их площади:

Площадь пастбищ и сенокосов, %	0–20	21–40	41–60	61–80	81–100
Баллы	11	12	13	14	15

**Земли лесного фонда** отнесены к низкой степени антропогенной нагрузки с баллами от 6 до 10 в зависимости от доли площади лесных насаждений:

Площадь земель лесного фонда, %	81–100	61–80	60–41	21–40	0–20
Баллы	6	7	8	9	10

**Неиспользуемые земли** (каменные россыпи, снежники, ледники) являются территориями с очень низкой степенью антропогенной нагрузки с баллами от 0 до 5 в соответствии с долей площади этих территорий:

Площадь неиспользуемых земель, %	81–100	61–80	41–60	21–40	0–20
Баллы	1	2	3	4	5

**Особо охраняемые природные территории (ООПТ).** Территориям с ООПТ были присвоены баллы с минусовым значением в зависимости от доли их площади:

Площадь земель ООПТ, %	0–15	16–30	31–50	51–70	71–90
Баллы	-1	-2	-3	-4	-5

Все расчеты были сведены в табл., в которой подсчитаны суммы баллов и приведена оценка нарушенности ландшафтов. На рис. 2 дана схема районирования территории Жетысуского Алатау по степени нарушенности ландшафтов. Рекреационные местности, набравшие менее 50 баллов, отнесены к территориям со слабой степенью антропогенной нарушенности ландшафтов.

Сумма баллов от 50 до 70 соответствует рекреационным местностям со средней нарушенностью ландшафтов. В рекреационных местностях, где сумма баллов превышает 70, распространены сильно нарушенные ландшафты, имеющие наименьшую рекреационную привлекательность.

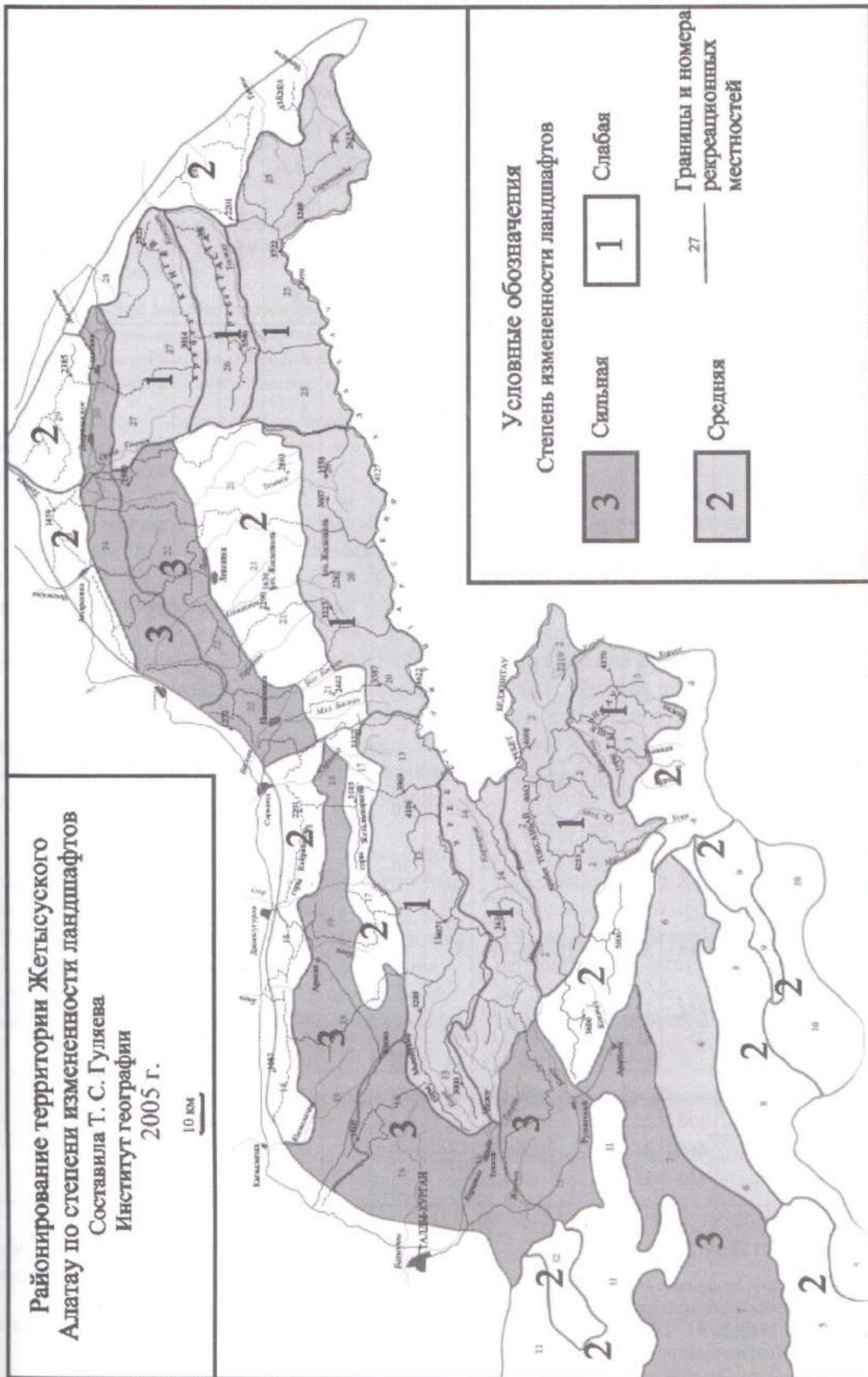


Рис. 2. Степень нарушенности ландшафтов



Оценка степени нарушенности ландшафтов

№ рекреационной местности	Населенные пункты		Наличие нарушенных земель, баллы	Дороги		Пашни		Пастбища		Земли лесного фонда		Неиспользуемые земли		ООПТ		Сумма баллов	Степень нарушенности ландшафтов
	Количество	Баллы		Длина, км	Баллы	Площадь, %	Баллы	Площадь, %	Баллы	Площадь, %	Баллы	Площадь, %	Баллы	Площадь, %	Баллы		
1	1	21		50	21			57	13	3	10	40	4	30	-2	67	Средняя
2				65	21			50	13	10	10	40	4			48	Слабая
3				20	21			55	13	3	10	42	3			47	Слабая
4	8	22		125	22			100	15							59	Средняя
5	1	21		57	21			100	15							53	Средняя
6				155	22			90	15			10	5			40	Слабая
7	35	25		458	25	50	18	50	13							81	Высокая
8	4	21		340	24			100	15					50	-3	57	Средняя
9				55	21	30	17	70	14							52	Средняя
10	2	21		122	25			100	15					40	-3	55	Средняя
11	7	22		197	22			100	15							59	Средняя
12	4	21		80	21			100	15							57	Средняя
13				52	21			45	13	10	10	45	3			47	Слабая
14				110				75	14	5	10	20	5	10	-1	50	Слабая
15	6	21	21	160	22			100	15					5	-1	78	Сильная
16	20	23		317	24	20	16	80	14							77	Сильная
17	1	21		15	21			90	15	10	10					67	Средняя
18				205	23	5	16	95	15							54	Средняя
19	9	22		387	24	20	16	78	14	2	10					86	Сильная
20								50	12	30	9	40	4			25	Слабая
21	4	21		52	21			75	14	25	9			25	-2	63	Средняя
22	10	22		210	23	15	16	77	14	8	10			40	-3	82	Сильная
23	3	21		47	21			100	15					60	-4	53	Средняя
24	14	23		282	23	65	19	35	12					30	-2	75	Сильная
25	1	21		25	21			15	11	45	8	40	4			65	Средняя
26								55	13	15	10	30	4			27	Слабая
27	2	21						90	15	10	10			50	-3	43	Слабая
28	2	21		170	22			100	15					10	-1	57	Средняя
29	1	21		65/21	21			100	15					80	-5	52	Средняя
30	3	21		110	22			100	15					90	-5	53	Средняя

ЛИТЕРАТУРА

1. Веденин Ю.А., Мирошниченко Н.Н. Оценка природных условий для организации отдыха // Изв. АН СССР. Сер. географическая. 1969. № 4 С. 20-25.  
 2. Иванов Д.А. Неизменные природные ландшафты

Томской области как туристский ресурс для развития экологического туризма // Вестник Томского гос. университета. 2003. № 3. С. 88-89.

3. Brockman C.F., Merriam L.C.Jr. Recreational Use of Lands. N. Y., 1973. 329 p.

А. У. МАКАНОВА

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛАНДШАФТЫ ПРИГРАНИЧНОЙ ТЕРРИТОРИИ АКТЮБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Техногенді бұзылған ландшафттар Ақтөбе облысының бүкіл шекаралық аумақтарына тараған. Ірі өнеркәсіп объектілері, мұнай-газ өндіретін аудандар, пайдалы қазбалар өндіретін кен орындары көбірек бұзылған ландшафттармен сипатталады.*

*Экологической опасности подвержены ландшафты всей приграничной территории Актыубинской области. Техногенно нарушенные ландшафты распространены на приграничной территории области практически везде. Наиболее нарушенные ландшафты характерны для регионов, где размещены крупные промышленные центры, в районах добычи углеводородного сырья, на месторождениях добычи полезных ископаемых.*

*Technogenically disturbed landscapes are distributed practically over entire border zone of the Aktyubinsk oblast. The most disturbed landscapes are typical for the territories with large industrial centres, mining and hydrocarbons extractions.*

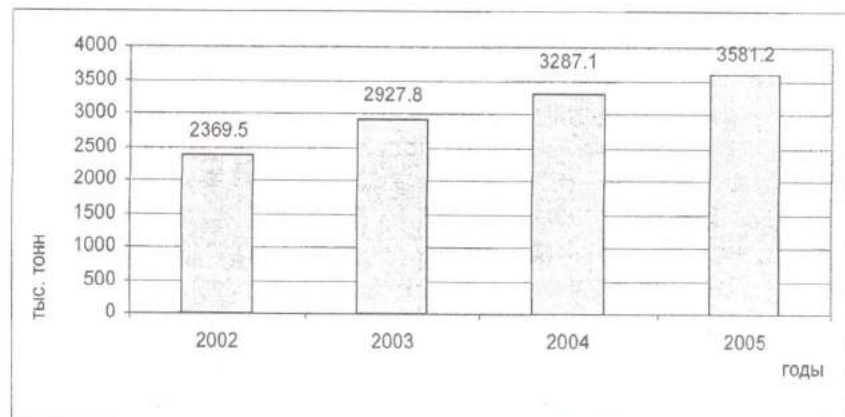
В приграничную территорию Актыубинской области входят пять административных районов (Кобдинский, Мартукский, Каргалинский, Хромтауский, Айтекебийский) и городская агломерация г. Актобе. На севере Актыубинская область граничит с Оренбургской областью Российской Федерации, куда входят восемь административных районов (Соль-Илецкий, Акбулакский, Беляевский, Кувандыкский, Гайский, Домбаровский, Ясненский, Светлинский) и территории административного управления городов Орска и Новотроицка.

Актыубинская область обладает уникальной минерально-сырьевой базой, где сосредоточены все республиканские запасы хромитовых руд, 55% – никеля, 40% – титана, 34% – фосфоритов, 12% – кобальта, 4,7% – цинка, 3,6% – меди, 3,6% – золота, 2% – бокситов. Одним из самых значительных является Южно-Кемпирсайское

месторождение хромовых руд (18% от мировых запасов). Предприятие «Донской ГОК», расположенное в приграничном Хромтауском административном районе, разрабатывает это месторождение. Мощность самой крупной в мире шахты по добыче хромовой руды «Молодежная» в 2005 г. доведена до 2 млн т. За 2002–2005 гг. добыча хромовых руд в области выросла в полтора раза и в 2005 г. составила 3581,2 тыс. т [1, 2] (рис. 1).

Одним из мощных промышленных предприятий приграничной области является горно-обогатительный комбинат «медного» гиганта, который находится в Хромтауском административном районе, и его продукция в 2005 г. составила 2,5 млн т медной руды (200 тыс. т медного концентрата). В регионе также имеются месторождения фосфоритов, которые являются исходным сырьем для химической промышленности.

Рис. 1. Динамика добычи хромовых руд на приграничной территории Актыубинской области





В Актюбинской области за последние годы наряду с прогрессирующим ростом добывающей промышленности отмечается устойчивый рост отраслей обрабатывающей промышленности и энергетики. В регионе производятся лакокрасочная продукция, бор, серная и борная кислота, большой ассортимент минеральных удобрений, активно развиваются такие отрасли, как машиностроение и металлообработка.

В настоящее время благодаря целенаправленной государственной политике Актюбинская область является одним из динамично развивающихся регионов Республики Казахстан. В 2006 г. объем продукции горнодобывающей промышленности составил 78,2% от общего объема промышленного производства области. Доля металлургического производства в 2005 г. составила 11% в общем объеме промышленной продукции области, в том числе выпуск ферросплавов в 2005 г. вырос по сравнению с 2000 г. на 26%. Наблюдается рост объемов продукции химической промышленности, машиностроения и переработки пищевых продуктов [1, 2].

Разведка, добыча и обогащение черных и цветных металлов, строительных материалов и других полезных ископаемых на приграничной территории области осуществляются на следующих промышленных предприятиях: Актюбинский завод ферросплавов, Транснациональная компания «Казхром», АО «Актюбинский завод хромовых соединений», ТОО «Кызылкаин Мамыт» предприятие «Донской ГОК», «СНПС Актөбе-мунайгаз», ТОО «Казахойл Актөбе». Структура промышленности в регионе обуславливает сохранение тесных трансграничных связей для обеспечения производственного процесса. В регионе создан ряд совместных предприятий, которые принимают участие в раскрытии сырьевого потенциала приграничных с Российской Федерацией территорий.

Приграничная территория Оренбургской области РФ располагает крупной многоотраслевой промышленностью и топливно-энергетическим комплексом, которые негативно влияют на окружающую среду.

Преобладающим звеном в отраслевой структуре промышленности на приграничной территории является металлургический комплекс Оренбуржья. Черная и цветная металлургия – существенные отрасли промышленного комплекса приграничной области. Одним из крупнейших в

Российской Федерации металлургическим комбинатом полного цикла является АО «Носта» (Орско-Халиловский металлургический комбинат), который производит высококачественную сталь, широкий ассортимент проката, объем производства которого составляет 3 млн т стали в год. Наиболее стабильным предприятием области считается Гайский горно-обогатительный комбинат, расположенный в приграничном Гайском административном районе, который работает на базе крупнейшего на Урале и в Российской Федерации месторождения комплексных медных и медно-цинковых руд.

Фактор наличия аналогичных природных ресурсов на приграничных территориях Актюбинской и Оренбургской областей способствует развитию трансграничного сотрудничества и сохранению сложившихся еще в советский период производственных и технологических связей (особенно в сферах добычи и переработки полезных ископаемых). В связи с активной деятельностью горнодобывающей, металлургической и обрабатывающих отраслей промышленности на приграничных территориях данных регионов наблюдается сильное загрязнение окружающей среды и отмечается увеличение техногенных нагрузок на экосистемы.

Наиболее загрязненной территорией приграничной Оренбургской области является Орско-Новотроицкий промузел, где сосредоточены предприятия черной, цветной металлургии, горнодобывающей отраслей промышленности. На долю этого региона приходится более 60% загрязняющих веществ от массы вредных выбросов стационарных источников области. В 2005 г. по данным статистики Оренбургской области коренных изменений в улучшении экологической обстановки не произошло. Особенно высокое загрязнение природной среды наблюдалось в промышленных городах Орске и Новотроицке, где находятся предприятия металлургической промышленности [3].

По данным Оренбургского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, средние концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе превышали 1 ПДК почти во всех приграничных городах области: по пыли (г. Орск, г. Новотроицк); по диоксиду азота (г. Орск, г. Новотроицк); по фенолу (г. Орск, г. Новотроицк); по аммиаку (г. Новотроицк) [3].



Следует отметить, что атмосферные выбросы Орско-Новотроицкого промышленного узла ввиду близости границы и наличия северо-восточных направлений ветра в течение года могут оказывать воздействие на состояние атмосферного воздуха на узкой приграничной полосе Актюбинско-Оренбургского сектора.

Негативное влияние на экологическое состояние приграничного региона оказывают выбросы загрязняющих веществ от промышленных предприятий и выхлопные газы от автотранспорта. Основная доля в загрязнении воздушного бассейна приграничных Актюбинской и Оренбургской областей приходится на предприятия металлургического комплекса. К основным компонентам загрязнения атмосферного воздуха приграничных территорий относятся сернистый ангидрид, оксиды хрома, окислы углерода, диоксид серы, углеводороды, оксиды азота, пыль серы. Таким образом, в приграничных областях под воздействием природных и техногенных факторов произошли серьезные ландшафтно-экологические изменения.

К наиболее напряженным в экологическом отношении приграничным населенным пунктам Актюбинской области следует отнести города Актобе, Кандыгаш, Алга и Хромтау. Состояние атмосферного воздуха г. Актобе определяется негативным влиянием промышленного сектора и автомобильного транспорта. Превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ часто отмечается в атмосфере областного центра г. Актобе и на площадях, где располагаются крупные промышленные пред-

приятия. По данным статистики в 2006 г., уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Актобе сохранялся повышенным. Высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха в г. Актобе определяется высоким содержанием формальдегида и диоксида азота. Большую лепту в загрязнение атмосферного воздуха вносят Актюбинский завод ферросплавов АО «ТНК «Казхром» – 4,65 тыс. т/год, АО «Актюбинский завод хромовых соединений» – 0,89 тыс. т/год, ЗАО «Актобе ТЭЦ» – 0,95 тыс. т/год [4].

На приграничной территории Актюбинской области техногенно нарушенные ландшафты представлены карьерами по добыче полезных ископаемых, трубопроводами, линиями электропередач, дорогами. Экологическая опасность для ландшафтов наблюдается практически на всей приграничной территории области. Экологически нарушенные ландшафты отмечены на площадях, где имеются месторождения черных и цветных металлов, функционируют промышленные предприятия, а также в местах, где проходят железнодорожные и автомобильные магистрали, линии трубопроводов, электропередач и др. Экологическая опасность для ландшафтов приграничных территорий области непосредственно зависит от промышленно-техногенного и линейно-техногенного воздействия [1].

*Промышленно-техногенное воздействие* на ландшафты приграничной территории Актюбинской области включает в себя такие параметры, как добыча полезных ископаемых (хромитовых руд, никеля, титана, фосфоритов, цинка, меди,

#### Техногенные ландшафты

Техногенные ландшафты	Ландшафтообразующие факторы и меры преобразования измененных ландшафтов
<i>Промышленно-техногенный</i>	
1. Разработка месторождений и добыча полезных ископаемых	I. Ландшафты, испытывающие воздействие промышленных комплексов, (механическое и химическое), включая разработку и добычу полезных ископаемых и их переработку, накопление промышленных отходов
<i>Линейно-техногенный</i>	
1. Нефтепроводы 2. Газопроводы 3. Водопроводы 4. Линии электропередачи 5. Железнодорожные магистрали 6. Автомобильные магистрали 7. Дороги второстепенного значения (с твердым покрытием, грунтовые и проселочные)	II. Ландшафты, испытывающие воздействие дорожного строительства, требующие соблюдения противозерозионных мер, восстановления растительности, рекультивации земель



золота, бокситов, строительных материалов и др.), выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от промышленных предприятий. Все это приводит к загрязнению почв, водных источников и воздушного бассейна, тем самым вызывая экологическую опасность для всех ПТК (природно-территориальный комплекс). В загрязнении атмосферного воздуха главную роль играют стационарные источники промышленных предприятий. Основные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу на приграничной территории области осуществляются предприятиями цветной и черной металлургии, теплоэнергетики, транспорта и др.

Одной из первостепенных задач экологии являются предотвращение загрязнения атмосферы, водных объектов и почв выбросами и сбросами загрязняющих веществ, оценка степени загрязнения окружающей среды и контроль при добыче, транспортировке и переработке полезных ископаемых. Поиск и разведка, освоение и эксплуатация месторождений полезных ископаемых наносят огромный ущерб ПТК, которые испытывают сложный комплекс различных изменений, нарушений и загрязнений – механических, химических, тепловых и радиационных. Экологические проблемы, возникающие в процессе деятельности добывающих предприятий, обусловлены как видами минерального сырья и добываемых пород, так и технологией добычи и обогащения. Активное освоение ресурсов приграничных территорий с параллельным развитием инфраструктуры добывающей и перерабатывающей отраслей привело к потере устойчивости ландшафтов. Техногенное воздействие на ландшафты при строительстве селитебных объектов, прокладке дорог, трубопроводов, линий электропередач, открытой добыче полезных ископаемых способствовали изменению первоначального рельефа, деградации и уничтожению почвенно-растительного слоя на значительных площадях, что влекло за собой негативные изменения в ПТК. В связи с интенсивным развитием горнодобывающей промышленности на приграничной территории Актюбинской области, а также топливно-энергетического и металлургического комплексов в приграничной Оренбургской области РФ на первый план выдвигаются вопросы экологической безопасности – предотвращения загрязнения природных экосистем, определение степени экологической опасности для ландшафтов [6, 7].

*Линейно-техногенное воздействие* на ландшафты приграничных территорий Актюбинской области обусловлено разнообразием транспортной инфраструктуры, представленной автомобильными дорогами (с твердым покрытием и грунтовыми): Шымкент–Кызылорда–Актобе–Уральск–Самара, Российская Федерация–Уральск–Актобе, Актобе–Карабутақ–Комсомольское–граница Кустанайской области, Шубаркудук–Уил–Кобда–Соль–Илецк, железнодорожными магистралями (Хромтау–Алтынсарино, Кандыгаш–Актобе–Российская Федерация, Кандыгаш–Хромтау–Российская Федерация), линиями электропередач и трубопроводов (нефтепровод Кенкияк–Орск протяженностью 411,1 км, газопровод Жанажол–Актобе). Значительной протяженностью и постоянной тенденцией к увеличению характеризуются грунтовые проселочные дороги, которые имеют место по всей приграничной территории области [5, 7].

Строительство автомобильных и железных дорог, трубопроводных магистралей приводит к изменению почвенного покрова, нарушению естественного режима движения грунтовых и поверхностных вод и другим негативным явлениям, которые способствуют трансформации естественных ландшафтов.

Эксплуатация автомобильных и железных дорог и других видов транспорта приводит к значительному загрязнению окружающей среды газообразными и твердыми продуктами сгорания топлива. Наиболее существенное автотранспортное загрязнение проявляется в населенных пунктах и вокруг них (Актобе, Хромтау). Экологическую опасность для ландшафтов представляет высокая плотность дорог, состав перевозимых загрязняющих грузов, загрязнение почв по автодорогам, превышение критической нагрузки дорог транспортными средствами. Вдоль дорог в полосе шириной до 10 м увеличивается содержание тяжелых металлов в почвах в 10–20 раз, по отношению к фоновому уровню на расстоянии 120 м – в 5–10 раз. Наибольшая плотность автомобильных дорог наблюдается в приграничных Мартукском и Каргалинском административных районах и на территории городской агломерации Актобе. Плотность дорог составляет 2,42–2,67 км/км<sup>2</sup>. Самая низкая плотность автомобильных дорог в Айтекебийском административном районе – 0,84 км/км<sup>2</sup> [5, 7].



Сравнительный анализ современной структуры транспортной сети приграничных территорий Актобинской области Республики Казахстан с Оренбургской области Российской Федерации позволил сделать вывод о том, что для них характерна низкая обеспеченность обустроенными дорогами. Более 60% автомобильных дорог в приграничной области разбито и находится в неудовлетворительном состоянии. Особенно плохие дороги в Кобдинском и Айтекебийском административных районах.

Строившаяся еще в советский период транспортная инфраструктура создавалась как единый комплекс, составляющие которого порой проектировались без учета административных границ между союзными республиками. Как результат, некоторые автомобильные и железные дороги на коротких участках пересекают теперь уже государственную границу, возвращаясь затем на территорию «своей» страны. Очевидно, что зависимость Казахстана от России в рассматриваемой сфере весьма велика, именно через Россию пролегают наиболее важные для страны международные пути сообщения западного направления. По российской территории проходят и участки железнодорожных магистралей, соединяющих различные части казахстанской территории. Так, сообщение между областными центрами Уральском и Актобинском осуществляется через территорию Оренбургской области РФ, станция Илецк принадлежит казахстанской компании «Темір жолы». В нескольких случаях сходные проблемы имеют место на локальном уровне. Границу с Казахстаном пересекают проходящий по территории Оренбургской области Союзное-Домбаровский участок, а также расположенный в Челябинской области участок Южно-Уральской железной дороги. В настоящее время обеими странами взят курс на уменьшение зависимости внутреннего транспортного сообщения от использования сопредельной территории. В результате переговоров правительств обеих стран по делимитации границы российская сторона неоднократно выдвигала предложения о передаче ей (как правило, на условиях обмена) некоторых приграничных территорий Казахстана, через которые проходят железнодорожные пути внутрироссийского значения. Однако эти участки являются важной частью и казахстанской транспортной инфраструктуры, обеспечивая сообщение между приграничными населенными пунктами РК.

Благоприятные ландшафтные условия делают российско-казахстанскую границу контактной в плане возможности транспортного сообщения. Основными видами грузов для железных дорог региона являются железная и марганцевая руда (10,4%), продукция химической промышленности и др. Большая протяженность транспортных коммуникаций для вывоза сырья и их ненадежное функционирование являются причиной химического загрязнения почвенного покрова, что в свою очередь вызывает опасность экологической дестабилизации ландшафтов.

Нужно отметить, что линейно-техногенное воздействие представляет меньшую экологическую опасность для ландшафтов, чем промышленно-техногенное. Основным методическим приемом при оценке экологической опасности для ландшафтов явилось определение глубины трансформации ПТК в рамках природных границ ландшафта.

Таким образом, анализ техногенного воздействия на все виды ландшафтов приграничной территории Актобинской области (в пределах Айтекебийского, Каргалинского, Мартукского, Хромтауского, Кобдинского административных районов) позволил установить степень экологической опасности ландшафтов при промышленно-техногенном и линейно-техногенном воздействии.

На территории приграничной области выделены пять степеней экологической опасности для ландшафтов: *практически отсутствует, слабая, умеренная, значительная, сильная.*

1. Техногенное воздействие на ПТК *практически отсутствует* на площади 43 204,3 км<sup>2</sup>, что составляет 54,5% приграничной территории района. Отсутствие техногенного воздействия на ПТК отмечено в западной и восточной частях приграничной территории, в озерно-аллювиальных, аллювиально-пролювиальных, пластовых, цокольных и долинных ПТК, где отсутствуют промышленные объекты, низкая плотность населения, слабая хозяйственная деятельность, есть небольшая сеть грунтовых и проселочных дорог. На этой территории ландшафты максимально приближены к фоновым ландшафтам зонального ряда.

2. *Слабой степени экологической опасности* для ландшафтов при техногенном воздействии подвержены озерно-аллювиальные, аллювиальные, пластовые цокольные, эрозивно-денудационные и долинные ПТК на площади 7990,5 км<sup>2</sup>, что составляет 10,1%, которые отмечаются в



восточной, северо-восточной, центральной и юго-западной частях приграничной территории. Слабая экологическая опасность отмечается в приграничных Айтекебийском и Кобдинском административных районах, где доминирует сельскохозяйственное производство. Экологическую опасность на этой территории создают загрязнения, связанные с особенностями сбора, хранения и переработки зерна, также мукомольного производства. Приграничные районы удалены от основных районов добычи полезных ископаемых, здесь практически отсутствуют промышленные, производственные объекты. Для территории характерна небольшая густота сети проселочных и грунтовых дорог. В этих ландшафтах отмечается слабая трансформация почвенно-растительного покрова, которая при прекращении хозяйственного воздействия возвращается в исходное состояние.

3. Умеренная степень экологической опасности для ландшафтов при техногенном воздействии имеет место в морских и пластовых ПТК на площади 19 903,7 км<sup>2</sup> (25,1%). Умеренная экологическая опасность характерна для ландшафтов северной, центральной и юго-восточной частей приграничной области, в озерно-аллювиальных, пластовых цокольных, эрозионно-денудационных и долинных ПТК. На данной территории действуют промышленные предприятия и проходят железнодорожные пути, автомобильные магистрали, грунтовые дороги и трубопроводы. Следует отметить, что в ПТК пластовых и цокольных равнин отмечены существенные изменения почвенно-растительного покрова с фрагментами умеренной трансформации рельефа. Тем не менее межландшафтные связи в природных комплексах сохранены и при прекращении промышленно-техногенного и линейно-техногенного воздей-

ствия возможно формирование условно естественных природно-территориальных комплексов.

4. Значительная степень экологической опасности для ландшафтов при техногенном воздействии выражена на севере и в центральной части приграничной территории области в аллювиальных, пластовых цокольных и долинных ПТК, на территории 4254,4 км<sup>2</sup> (5,4%). Здесь функционируют промышленные объекты по добыче и переработке сырья для металлургической и химической промышленности, характерна большая густота транспортных коммуникаций. Наблюдаются значительные негативные изменения в состоянии природных компонентов ландшафтов.

5. Сильная степень экологической опасности для ландшафтов при техногенном воздействии отмечается в южной и центральной частях приграничной области на площади 3853,3 км<sup>2</sup>, что составляет 4,9% территории, в аллювиальных, пластовых, цокольных и долинных ПТК (Хромтауский административный район и г.а. Актобе), здесь функционирует горно-обогатительный комбинат АО «Донской ГОК», дающий 98% всей эмиссии загрязняющих веществ. На этой территории отмечается самая высокая густота дорожной сети. Здесь же сконцентрированы почти все промышленные предприятия приграничной территории области. Данные ПТК характеризуются развитием деградационных процессов и явлений, существенной коренной перестройкой внутренней морфологической структуры ландшафтов, глубокой трансформацией механизмов и взаимосвязей природных компонентов.

Оценка промышленно-техногенного и линейно-техногенного воздействия на ландшафты позволила условно определить ареалы разной степени ландшафтно-экологической опасности (рис. 2).



Рис. 2. Соотношение площадей ландшафтов, подверженных техногенному воздействию, с разной степенью экологической опасности

Таким образом, наибольшей экологической опасности подвержены ландшафты южных и центральных частей приграничной территории области, где идет интенсивная добыча сырья для металлургической и химической промышленности, которая сопровождается загрязнением всех компонентов ПТК. Данные территории характеризуются развитием деградационных процессов и явлений, существенной коренной перестройкой внутренней морфологической структуры ландшафтов, глубокой трансформацией механизмов и взаимосвязей, взаимозависимостей ПТК разного таксономического ранга.

Снижение экологической опасности для ландшафтов может быть достигнуто за счет внедрения мероприятий по стабилизации состояния окружающей среды, а при сильной экологической

опасности – за счет территориального разобщения промышленно-технологических составляющих производства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Статистический ежегодник Актобинской области: Статистический сборник. Актобе, 2007. 134 с.
2. Регионы Казахстана 2006: Статистический сборник. Алматы: Агентство РК по статистике, 2006.
3. Экологическое состояние Оренбургской области в 2005 г. Оренбург, 2005.
4. Состояние окружающей среды и природных ресурсов: Сводный аналитический отчет по Актобинской области. Астана: МООС РК, 2005. 128 с.
5. Национальный атлас Республики Казахстан. Алматы, 2006. Т. 2.
6. Федотов В.И. Техногенные ландшафты. Теория, региональные структуры, практика. Воронеж, 1985. С. 174-115.
7. Маканова А.У. Техногенное воздействие на ландшафты в Республике Казахстан // Гидрометеорология и экология. Алматы, 2004. № 1. С. 137-146.

УДК 504:911.52 (910.1)

Р. В. ПЛОХИХ, Т. И. БУДНИКОВА, К. Т. БАЙМАГАНБЕТОВА

## ПРИКЛАДНЫЕ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ: МЕТОДИЧЕСКИЙ ОПЫТ И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Мақалада Солтүстік Қазақстан төлімінде қолданбалы ландшафтылық-экологиялық зерттеулердің кейбір аспектілері қарастырылды. Әдістемелік тәжірибе және жұмыстың нәтижелері ландшафтылық-экологиялық зерттеулер аса маңызды және практика сауалына хабардар география бағыты деп санау қажет екенін көрсетеді.

Рассмотрены некоторые аспекты прикладных ландшафтно-экологических исследований на примере Северного Казахстана. Методический опыт и результаты работ показывают, что ландшафтно-экологические исследования – высоко перспективное и ориентированное на запросы практики направление географии.

*In the article some aspects of applied landscape-ecological researches are considered on the example of Northern Kazakhstan. Methodical experience and results of works have shown that landscape-ecological researches are very perspective direction of geography focusing on the demands of practice.*

В 1939 г. немецкий ученый К. Тролль указал на формирование в зоне контакта географии (ландшафтоведения) и биологии (экологии) новой научной дисциплины – ландшафтной экологии. Одним из результатов ее развития стал ландшафтно-экологический подход в научных исследованиях, главный элемент которого – изучение природно-территориальных комплексов (ПТК) внутриландшафтной размерности, т.е. морфологических единиц ландшафта [1].

Прикладные ландшафтно-экологические исследования в Северном Казахстане, в которых принимали участие авторы данной статьи в 2003–2007 гг., классифицируются на предназначенные для: сельскохозяйственного производства, инженерно-строительного проектирования, охраны природы, тематического картографирования, определения путей устойчивого территориального развития, изучения проявлений глобальных изменений (опустынивание и деградация земель).



В зависимости от цели и задач в качестве основных объектов прикладных исследований выступили виды ландшафта, урочища (сложные урочища) и фации, а также сформированная ими пространственная ландшафтная структура. Последняя во многом определяется как вертикальными (между различными природными компонентами), так и горизонтальными или латеральными (между самими ПТК) вещественно-энергетическими потоками – ландшафтно-геохимическими звеньями [2], парагенетическими и парадинамическими комплексами [3], катенами [4].

Наиболее важной исходной методической установкой прикладных ландшафтно-экологических исследований стала идентификация закономерностей формирования пространственной ландшафтной структуры в зависимости от определенного комплекса факторов как естественного комплексного индикатора современных экологических условий в природно-хозяйственной системе (ПХС). Во всех случаях наряду с основными природными факторами – широтной зональностью, высотной поясностью, азональной геолого-геоморфологической основой, изменением экспозиционной ландшафтной асимметрии склонов (инсоляционная, ветровая или циркуляционная) и др. – значительное трансформирующее и нарушающее воздействие на ландшафты оказала хозяйственная деятельность.

Независимо от целевого назначения ландшафтно-экологические исследования почти всегда включают четыре этапа: *первый* – адаптация методов осуществления работ; *второй* – сбор информации о территории; *третий* – оценка ведущих природных и антропогенных факторов формирования экологической ситуации, исследование антропогенной нарушенности ПТК при разных видах воздействия и выявление ареалов экологической напряженности, анализ ландшафтно-экологических показателей и получение комплексной оценки территории, разработка картографических моделей; *четвертый* – разработка ландшафтно-экологических требований к устойчивому развитию ПХС.

Рассмотрим особенности методики ландшафтно-экологических исследований с применением тематического картографирования для повышения эффективности сельскохозяйственного производства на примере ПХС районного (Шортандинский район Акмолинской области) и локального (территория Научно-исследо-

вательского института зернового хозяйства им. А. И. Бараева) рангов.

Для оценки ландшафтной неоднородности нами были выполнены полевые ландшафтное картирование и комплексное профилирование территории, а также дешифрирование данных дистанционного зондирования и картометрический анализ. Изучение ландшафтной структуры заключалось в выявлении ее основных территориальных закономерностей с последующим анализом механизма антропогенного преобразования. Количественные методы изучения ландшафтной структуры позволили выявить ее особенности, зависящие от местных свойств ПТК, их локальных связей и взаимозависимостей, степени и глубины нарушений в результате длительного по времени сельскохозяйственного использования.

Разработка серии картографических моделей масштабов 1:100 000 и 1:25 000 стала важным результатом исследований, позволившим пространственно отобразить распределение и характер ландшафтов, локализацию и степень развития в них негативных для сельскохозяйственного производства процессов, набор мероприятий рекомендательного назначения (рис. 1) [5–8].

Преимственность и соподчиненность картографических моделей играла определяющую роль в исследованиях [9].

Комплексное ландшафтное профилирование, отражающее общие закономерности распределения ПТК на местности и виды их хозяйственного использования, стало высоко информативным вспомогательным инструментом для изучения негативных физико-географических процессов. Например, профиль АБ протяженностью 37,7 км пересекает 25 ландшафтных контуров. На линии профиля было сделано 7 описаний пробных площадок, характеризующих основные сочетания сложных урочищ, и заложено 10 дополнительных контрольных точек. По линии профиля к северу от р. Колутон распространены степные и сухостепные ландшафты денудационной и делювиально-пролювиальной равнин, к югу – степные ПТК преимущественно делювиально-пролювиальной равнины. Территория вдоль линии профиля характеризуется изменениями абс. высот от 300 до 380 м, с понижением поверхности в центральной части, где протекает р. Колутон. До 85% ПТК вдоль линии профиля характеризуется высокой степенью антропогенной измененности и хозяйственной освоенности. В северной части



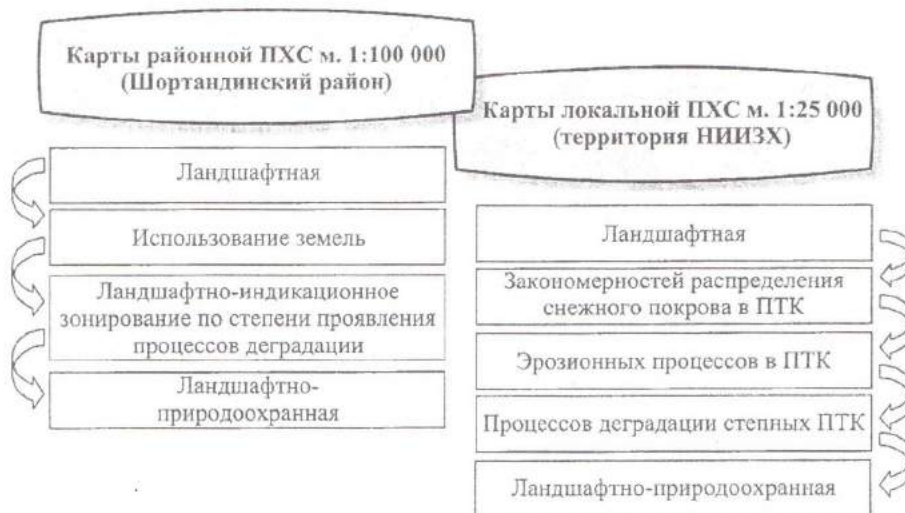


Рис. 1. Картографическое обеспечение ландшафтно-экологических исследований

территории располагается Антоновский лесхоз, южнее которого земли используются под пастбища и сенокосы. Процессы пастбищной дигрессии довольно интенсивны во всех сочетаниях урочищ. На делювиально-пролювиальных равнинах размещаются поля и залежи. Небольшие уклоны местности и большая протяженность склонов, достигающая 10–40 км, способствуют их размыванию поверхностными водами. Удельный вес пашни при крутизне склонов  $0,5-3,0^\circ$  составляет 17%. Агрорландшафты наклонной делювиально-пролювиальной равнины наиболее подвержены развитию эрозионных процессов и характеризуются хорошо выраженной эрозионной сетью.

Часто встречаются поля с коэффициентом расчленения территории более  $1^\circ$ , а глубина промоин на пашне местами колеблется от 0,5 до 1,5 м. Часто на полях отмечаются признаки агроистощения, нередко и вторичного засоления. К югу от р. Колутон агрорландшафты находятся в хорошем экологическом состоянии. Конечным результатом исследований стал перечень мероприятий рекомендательного характера, выполнение которых позволит повысить эффективность сельскохозяйственного производства в ПХС и снизить риск развития негативных процессов и явлений [9].

Задача определения экологической устойчивости природной подсистемы к антропогенным воздействиям предполагает соответствующую адаптацию методики ландшафтно-экологических исследований ПХС. При этом главными задачами становятся анализ и оценка природных факторов формирования и антропогенных факторов

изменения экологического состояния, показателей изменений и охраны природной среды. Рассмотрим особенности методики прикладных ландшафтно-экологических исследований данного направления на примере Костанайской ПХС.

Поскольку ландшафтно-экологическая устойчивость территории к антропогенным воздействиям – особый природный ресурс и своеобразное требование, определяющее локальную допустимую хозяйственную нагрузку, то ключевое положение в оценке устойчивости Костанайской ПХС заняли прикладные аспекты теории открытых систем или синэргетики. Согласно им устойчивость – это способность природной подсистемы сохранять свою структуру и характер функционирования в пространстве и во времени при изменяющихся условиях среды [10].

Определение экологической устойчивости Костанайской ПХС основывалось на изучении показателей степени влияния природных и антропогенных факторов, изменений и охраны природной среды на ее экологическое состояние. Ландшафтно-экологическое состояние выступило определяющим индикатором устойчивости функционирования средообразующих компонентов и факторов, включая вероятность их неблагоприятных изменений. В качестве единиц территории (таксонов) для определения ландшафтно-экологического состояния приняты административный район и территории, подчиненные администрации городов.

Ландшафтно-экологическое состояние на территории каждого административного района



оценивалось по пятибалльной шкале (благоприятное, удовлетворительное, неблагоприятное, напряженное, критическое), включающей частные оценки по 20 группам критериев: **природные факторы формирования экологического состояния**: 1) климатический; 2) гидрологический; 3) почвенный; 4) орографический; 5) воздействия стихийных природных процессов; **антропогенные факторы изменения экологического состояния**: 6) селитебный; 7) промышленный; 8) воздействия энергетики и гидротехнических сооружений; 9) воздействия транспорта и коммуникаций; 10) сельскохозяйственный; 11) лесохозяйственный и рекреационный; **критерии изменений и охраны природной среды**: 12) загрязнение атмосферного воздуха; 13) загрязнение водных ресурсов; 14) изменение растительного покрова; 15) состояние животного мира; 16) наличие ландшафтов, близких к естественному состоянию (ООПТ); 17) нарушение литогенной основы; 18) загрязнение и нарушение почвенного покрова; 19) накопление отходов производства и потребления; 20) радиационная обстановка.

Оценка по каждому интегральному показателю основывалась на суммировании ранжированных частных экологически значимых критериев по пятибалльной шкале [11]. Например, в качестве частных критериев типологии ландшафтно-экологического состояния выступили климатические – среднее многолетнее число дней с атмосферной засухой, среднее число дней с пыльной бурей за год; почвенные – плодородие почвы, балл бонитета, наличие ареалов природных геохимических аномалий, количество ареалов распространения разных элементов (никель, цинк, свинец, ванадий); селитебный – плотность населения, количество населенных пунктов, удельный вес площади населенных пунктов от районной. Анализ пространственного распространения критериев оценки ландшафтно-экологического состояния таксонов свидетельствует о наличии неблагоприятных или благоприятных условий на конкретной территории, позволяющих оценить ее в целом.

В результате суммирования 11 критериев была получена для каждого таксона суммарная оценка. В последующем выполнялось ранжирование по шкале, представленной в табл. 1.

Степень влияния критериев оценки на ландшафтно-экологическое состояние территории  $r_i$  определена по формуле

Таблица 1. Шкала ранжирования «Ландшафтно-экологическое состояние»

Ландшафтно-экологическое состояние	Сумма баллов
Благоприятное	До 74
Удовлетворительное	74-80
Умеренно напряженное	81-87
Напряженное	88-94
Критическое	Более 94

$$r_i = \frac{n_{i5} + 0,75n_{i4} + 0,50n_{i3} + 0,25n_{i2}}{n_{i5} + n_{i4} + n_{i3} + n_{i2} + n_{i1}}$$

где  $n_{i1}, n_{i2}, n_{i3}, n_{i4}, n_{i5}$  – количество критериев, которые вошли в группы с оценкой в один, два, три, четыре и пять баллов (табл. 2).

Таблица 2. Степень влияния критериев оценки на ландшафтно-экологическое состояние территории  $r_i$

$r_i$	Характеристика
0,10-0,11	Незначительная
0,12-0,22	Умеренная
0,23-0,33	Достаточно высокая
0,34-0,44	Высокая
Более 0,44	Очень высокая

Ландшафтно-экологические исследования сопровождались созданием картографических моделей Костанайской ПХС, которые выступили исходным (рис. 2) и результирующим (рис. 3) элементами [12].

При определении путей устойчивого территориального развития важным элементом прикладных исследований становится собственно ландшафтно-экологическое зонирование ПХС.

Сбор и анализ информации о современном состоянии ПТК и ресурсном потенциале территории, уровне ее социально-экономического развития и фиксирование пространственного распределения этих данных создают хорошую основу для ландшафтно-экологических исследований [13].

Рассмотрим методику прикладных ландшафтно-экологических исследований по определению путей устойчивого территориального развития Павлодарской ПХС. Наилучший результат дала комбинация полезных аспектов различных научно-исследовательских методов – контрольные списки, матрицы, сети, наложение карт, технологии геоинформационного картографирования, экспертные системы, использование профессионального опыта.

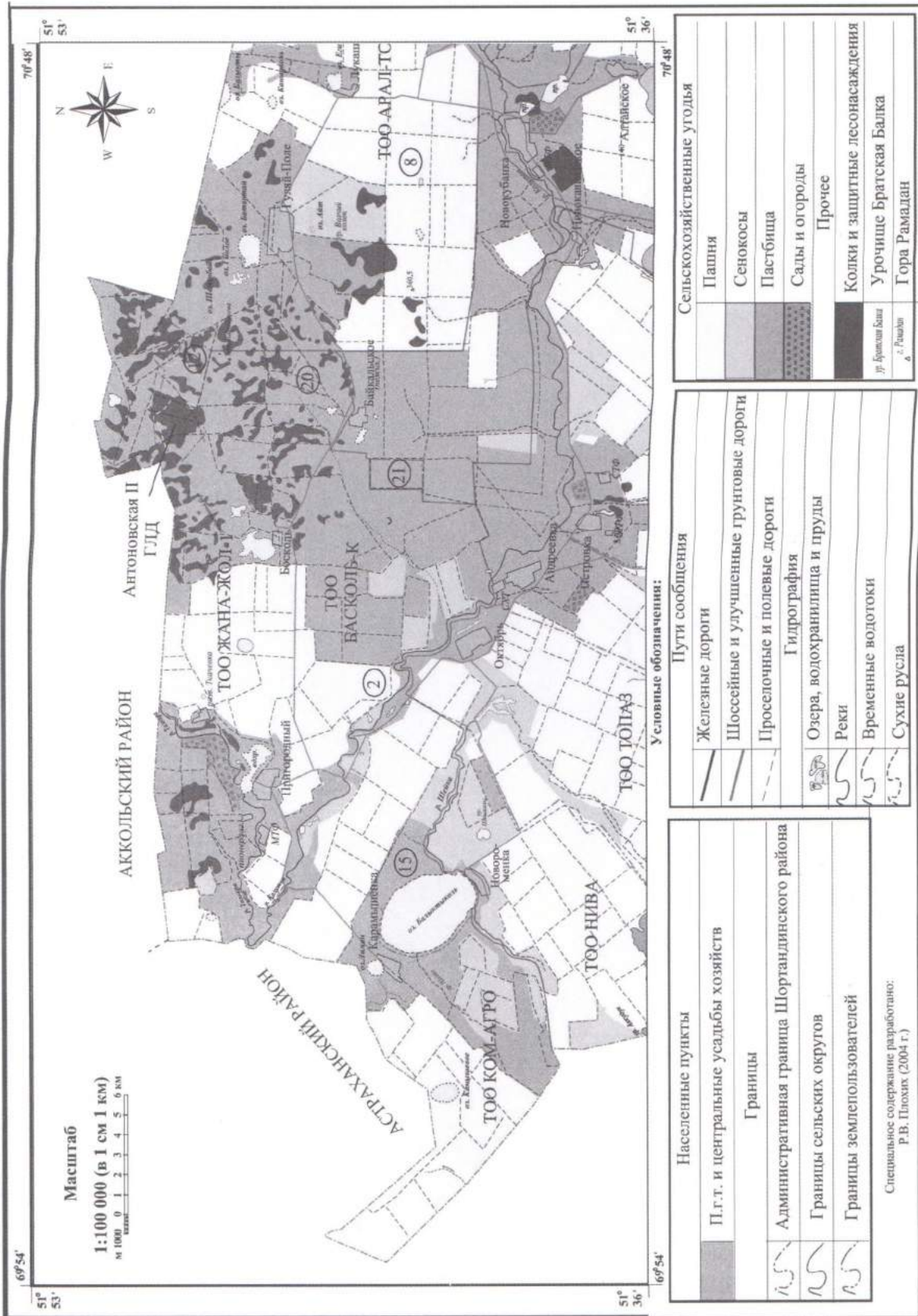


Рис. 3. Фрагмент карты использования земель Шортландинской ЦХС



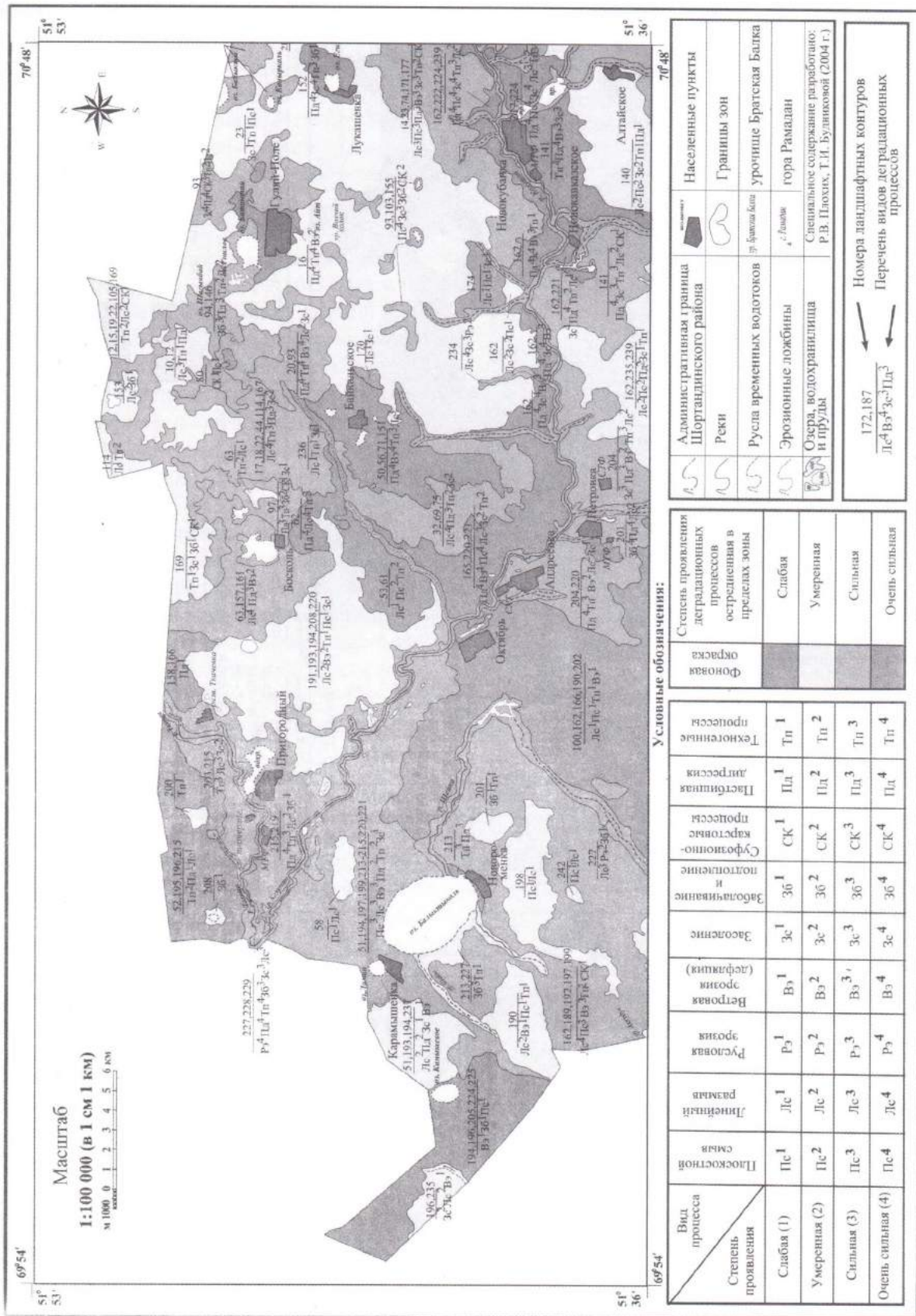


Рис. 4. Фрагмент карты ландшафтно-индикационного зонирования по степени проявления процессов деградации земель в Шортландинской ПХС

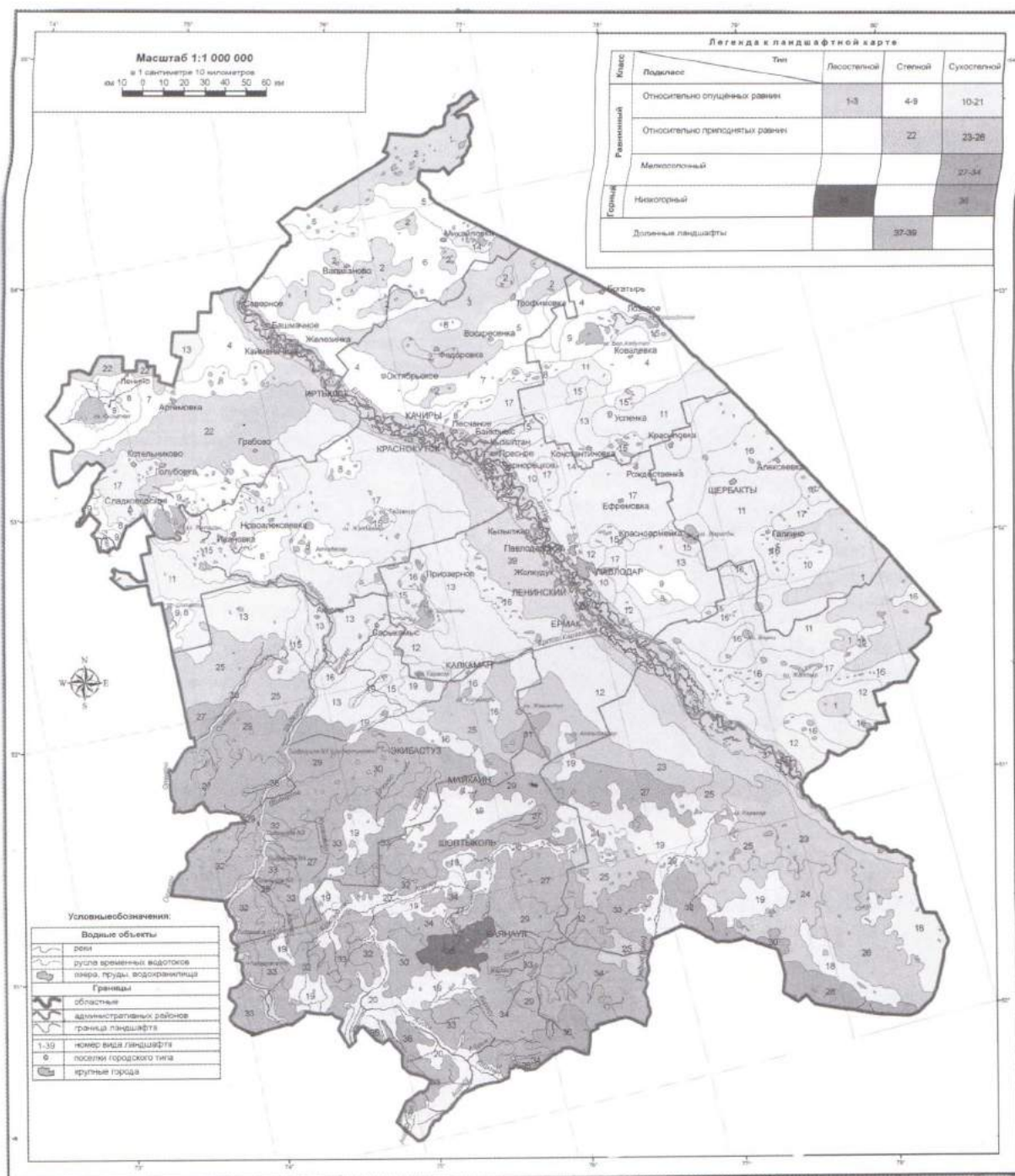


Рис. 4. Ландшафтная карта Павлодарской ПХС

В основе разработки ландшафтно-экологических требований к устойчивому развитию Павлодарской ПХС лежит оценка механизма коадаптации хозяйственной и природной подсистем, поскольку от его сбалансированности зависит уровень ее устойчивости. Анализ фокусировался на вопросах: 1) совместимости хозяйственной и природной подсистем; 2) рациональности суще-

ствующей организации ПХС и выявлении негативных реакций в природной подсистеме; 3) поиска вариантов пространственной организации, которая бы имела средовосстанавливающие и ресурсовосстанавливающие свойства, достаточные для компенсации всех деструктивных воздействий.

Функциональная совместимость хозяйственной и природной подсистем изучалась на основе



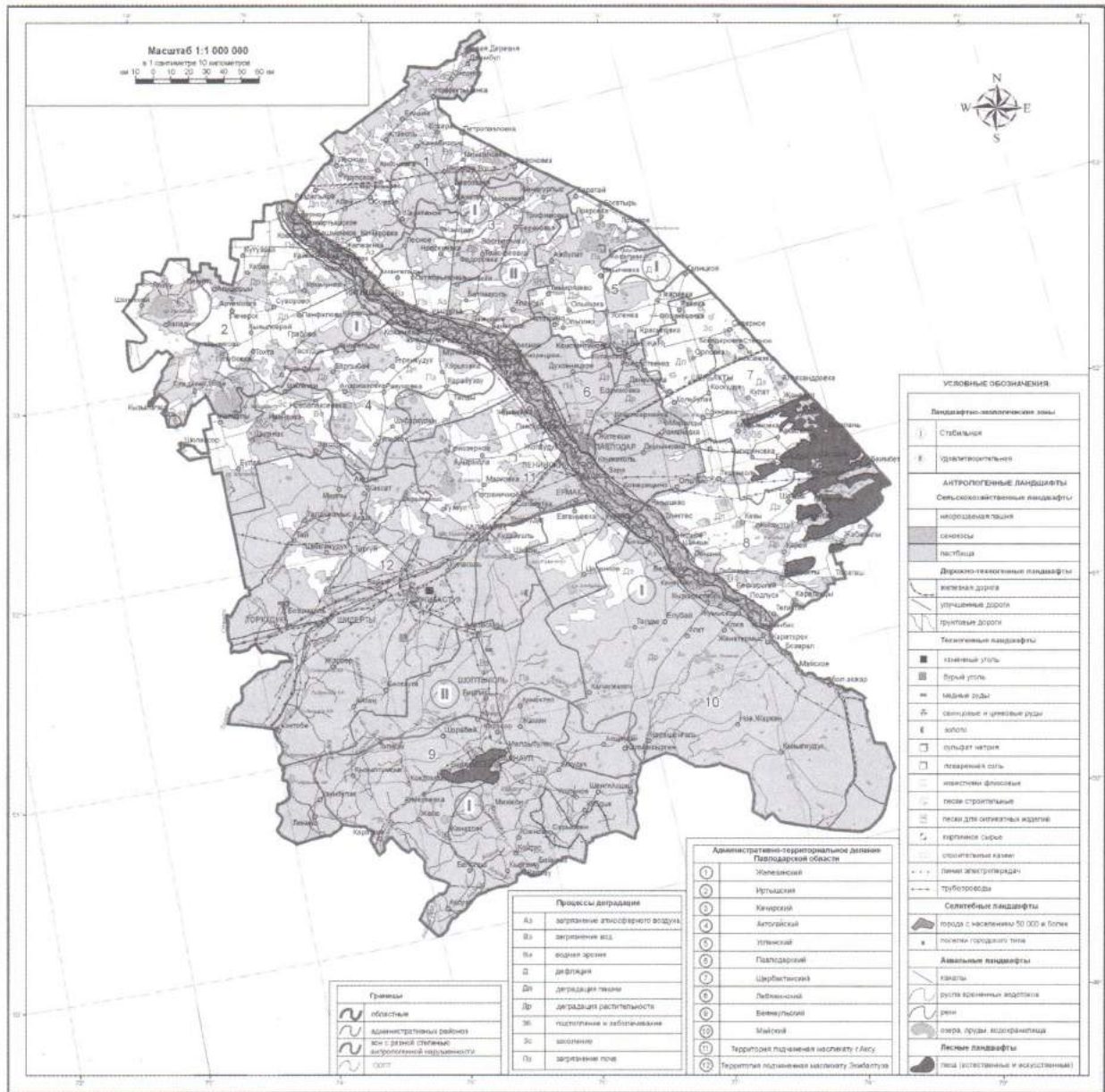


Рис. 5. Карта ландшафтно-экологического зонирования Павлодарской ПХС

ландшафтной картографической модели территории (рис. 4). Анализ неблагоприятных физико-географических процессов, развитых в Павлодарской ПХС (геологических, геоморфологических, климатических и т.п.), стал основой для выявления негативных реакций в природной подсистеме (рис. 5). В результате выполненных работ стало возможным идентифицировать перечень решений о возможностях и необходимых мерах для устойчивого развития Павлодарской ПХС.

Таким образом, методический опыт и результаты прикладных ландшафтно-экологических

исследований в Северном Казахстане свидетельствуют о том, что важные элементы во всех случаях – изучение территориального распространения природных комплексов и основных факторов ландшафтогенеза (литосферный, атмосферный, гидросферный, биосферный и антропогенный), получение частных и интегральных индикаторов экологического состояния территории. Методика адаптируется в соответствии с целевым назначением исследований, но указанные виды работ осуществляются во всех случаях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Исаченко А.Г. Методы прикладных ландшафтных исследований. Л.: Наука, 1980. 209 с.
2. Глазовская М.А. Теория геохимии ландшафтов в приложении к изучению техногенных потоков рассеяния и анализу способности природной среды к самоочищению // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. М.: Наука, 1981. С. 7-40.
3. Мильков Ф.Н. Ландшафт как пятимерная парадинамическая система // Известия ВГО. 1984. Вып. 4. С. 311-316.
4. Казаков Л.К. Ландшафтоведение (природные и природно-антропогенные ландшафты). М.: Изд-во МНЭПУ, 2004. 264 с.
5. Плохих Р.В. Ландшафтно-индикационное изучение процессов деградации земель: (на примере Шортандинского района Акмолинской области) // Вестник Томского государственного университета. Сер. науки о Земле (геология, география, метеорология, геодезия). Приложение № 3(У). 2003. С. 193-194.
6. Плохих Р.В. Потенциальные возможности ландшафтной индикации в определении качества почв (на примере Северного Казахстана) // Мат-лы междунар. конф. почвоведов «Проблемы генезиса, плодородия, мелиорации, экологии почв, оценка земельных ресурсов», посв. 10-летию независимости РК (23-24 окт. 2001 г.). Алматы: Тетис, 2002. С. 91-96.
7. Плохих Р.В. Картографирование закономерностей распределения снежного покрова в ландшафтах для целей рационального землеустройства // Труды международной школы-конференции «Ландшафтное планирование: общие основания, методология, технология». М., 2006. С. 213-216.
8. Будникова Т.И., Плохих Р.В. Экзодинамические процессы как индикатор экологического состояния ландшафтов Акмолинской области // Гидрометеорология и экология. Алматы: РГП «Казгидромет» МООС РК, 2007. № 1(44). С. 111-124.
9. Плохих Р.В. Индикация процессов деградации степных и сухостепных ландшафтов в условиях современного землепользования: (на примере Шортандинского района Акмолинской области): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Алматы, 2005. 23 с.
10. Плохих Р.В., Баумтрог В.В. Ландшафтно-экологическая оценка устойчивости Северо-Казахстанской природно-хозяйственной системы // Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. «IV Жандаевские чтения: Проблемы экологической геоморфологии» (17-19 апреля 2007 г.). Алматы, 2007. С. 164-170.
11. Плохих Р.В., Басова Т.А., Карагулова Р.К., Будникова Т.И. Экологическое состояние регионов: Западный Казахстан, Северный Казахстан // Республика Казахстан. Т. 3. Окружающая среда и экология. Алматы, 2006. С. 323-399.
12. Национальный атлас Республики Казахстан. Т. 3. Окружающая среда и экология / Пред. ред. колл., д.э.н., проф. Н. А. Исакаев, главн. ред., д. г. н., проф. А. Р. Медеу. Алматы, 2006. С. 122.
13. Трифонова Т.А., Селиванова Н.В., Мищенко Н.В. Прикладная экология. М.: Академический проект, 2005. 384 с.

УДК 911.3:613

Р. Ю. ТОКМАГАМБЕТОВА

## СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГО-ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Шығыс Қазақстан облысының экологиялық-демографиялық ахуалы қалыптасуының әлеуметтік-экологиялық жағдайлары қаралды. Халықтың ақшадай табыстарының мөлшерін, жұмысақысының, кункөрістің ең төменгі деңгейінің мөлшерін, тағайындалған зейнетақының орташа мөлшерін, тұрғынұй жағдайларының, тұрмыстық, мәдени, денсаулық сақтаудағы қызмет көрсету деңгейлерін қамтитын халықтың тұрмыс деңгейінің әлеуметтік-экономикалық көрсеткіштеріне талдау жасалды.*

*Рассмотрены социально-экономические условия формирования эколого-демографической ситуации в Восточно-Казахстанской области. Дан анализ социально-экономических показателей уровня жизни населения, включающих размеры денежных доходов населения, заработной платы, прожиточного минимума, среднего размера из назначенной пенсии, жилищных условий, уровня бытового, культурного, здравоохранительного обслуживания, степени развития инфраструктуры.*

*In the article social-economic conditions of formation of ecological-demographic situation in East-Kazakhstanskaya oblast are considered. The analysis of social and economic indices of living standards of the population including money income, size of wages, cost of living, average value of granted pension, housing conditions, level of consuming, cultural, public health services, infrastructure is carried out.*

Социально-экономическое развитие оказывает непосредственное влияние на формирование эколого-демографической ситуации в области и

складывается под влиянием экономических и социальных факторов. В числе проблем социально-экономического развития и повышения уровня



жизни населения особое место занимают проблемы территориального регулирования распределения фонда потребления, установления научно обоснованных соотношений в уровне доходов и потребления в регионе с учетом социально-экономических, природно-климатических, демографических и других особенностей жизни, труда и быта населения. Территориальные различия в уровне жизни прямо и непосредственно влияют на демографическую ситуацию (рождаемость, смертность, продолжительность жизни, здоровье людей) и социальную сферу жизни населения – уровень образования и квалификации кадров, обеспеченность общественного производства рабочей силой, что определяет, в свою очередь, региональную и общественную эффективность общественного производства. Социально-экономические показатели уровня жизни населения включают размеры денежных доходов населения, заработной платы, прожиточного минимума, средний размер назначенной пенсии, жилищные условия, уровень бытового, культурного, здравоохранительного обслуживания, степень развития инфраструктуры.

Сырьевая направленность экономики области предопределила приоритет горнодобывающей промышленности, от развития которой зависят различные сектора экономики. Валовой региональный продукт (ВРП) Восточно-Казахстанской области в 2005 г. составил 418,7 млрд тенге, или 6,2% от республиканского показателя, и по сравнению с 1995 г. вырос в 3,8 раза (рис. 1) [1–4]. Доля промышленности в отраслевой структуре валового регионального продукта в 2005 г. составила 6,2%, доля сельского хозяйства – 9,8% [2]. В 2005 г. в области было произведено промыш-

ленной продукции на 260,2 млрд тенге, в том числе 7,2 млрд кВт·ч электроэнергии, 4,7 млн т угля, 506,2 тыс. т кислоты серной, 2,8 млн т цемента, 17,1 тыс. т мяса. Объем производства продукции сельского хозяйства за 2005 г. составил 705,1 млрд тенге, что в 3 раза больше, чем в 1995 г. (в текущих ценах). Было произведено 561,0 тыс. т зерновых культур (в весе после доработки), 203,4 тыс. т овощей, 367,4 тыс. т картофеля, 91,3 тыс. т мяса (в убойном весе), 634,6 тыс. т молока, 280,8 млн штук яиц.

Объем инвестиций в основной капитал возрос на 52,1% по сравнению с 2004 г. и составил (в текущих ценах) 50,7 млрд тенге против 8,7 млрд тенге в 1995 г., т.е. увеличился почти в 6 раз. В 2004 г. введено в эксплуатацию 181,4 тыс. м<sup>2</sup> жилья – в 3,5 раза больше, чем в 2000 г. Основные социально-экономические показатели развития Восточно-Казахстанской области за 1995–2004 гг. приведены в табл. 1, 2.

Занятость населения является одним из важных факторов, обуславливающих эколого-демографическую ситуацию региона. Для Восточно-Казахстанской области характерны значительные потенциальные возможности вовлечения в общественное производство трудовых ресурсов, которые в области используются недостаточно.

Численность экономически активного населения области в 2005 г. составила 751,7 тыс. человек, занято в экономике всего было 698,1 тыс. человек, экономически неактивное население – 401,2 тыс. человек. Численность безработных, состоящих на учете в уполномоченных органах по вопросам занятости, на конец декабря 2005 г. составила 53,6 тыс. человек [2, 5] и сократилась с 1996 г. почти в 2 раза. Наблюдается тенденция

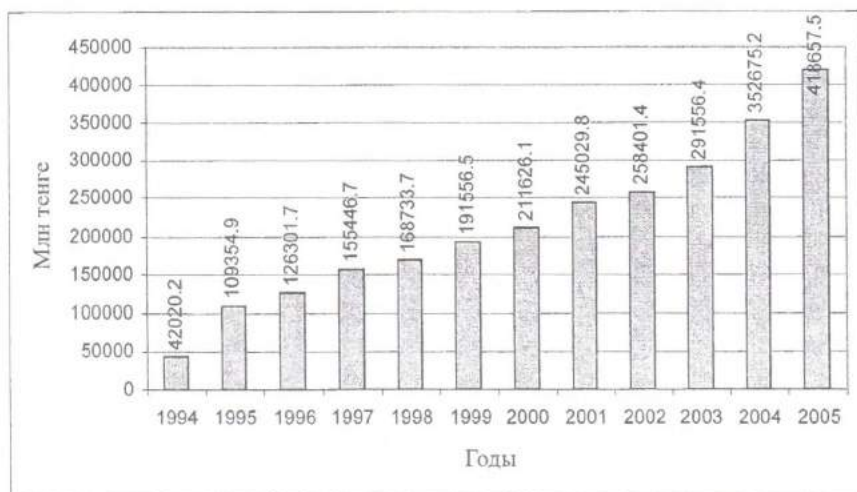


Рис. 1. Валовой региональный продукт

Таблица 1. Основные социально-экономические показатели развития Восточно-Казахстанской области [1-4]

Показатели	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Численность населения на начало года, тыс. человек	1685,0	1638,3	1600,2	1532,9	1532,9	1516,8	1499,1	1482,6	1465,9	1442,1	1431,2
Численность занятых в экономике, тыс. человек	685,9	672,1	729,0	696,4	677,9	683,0	704,8	670,4	689,4	697,6	698,1
Численность безработных, тыс. человек	84,4	100,6	76,5	61,8	63,0	61,4	55,9	52,5	54,1	54,5	53,6
Уровень безработицы, % к экономически активному населению	11,0	13,0	9,5	8,2	8,5	8,2	7,3	7,3	7,3	7,2	7,1
Среднемесячная номинальная заработная плата, тенге	4809	7127	9638	10865	13078	15312	16832	18816	20099	23846	27688
Валовой региональный продукт, млрд тенге	109,4	126,3	155,4	173,8	191,6	211,6	247,9	258,4	291,6	358,8	418,7
Объем промышленной продукции, млрд тенге	63,6	71,6	87,8	93,3	114,1	143,3	171,0	173,8	182,0	222,8	260,2
Продукция сельского хозяйства, млрд тенге	22,6	24,6	21,1	25,3	30,6	37,5	47,9	55,1	58,2	70,0	74,9
Розничный товарооборот, млрд тенге	18,7	21,9	35,1	51,8	54,3	66,3	77,0	87,8	100,7	117,3	130,6
Инвестиции в основной капитал, млрд тенге	8,7	6,5	9,4	16,8	22,0	37,6	38,7	36,9	44,8	50,7	82,2
Ввод в действие основных средств, млрд тенге	5,4	8,0	9,1	6,4	11,2	20,4	19,2	20,6	24,6	23,7	68,0
Ввод в эксплуатацию общей площади жилья, тыс. м <sup>2</sup>	133	82	102	94	59	46	58	62	82	115	181

Таблица 2. Индексы основных социально-экономических показателей развития Восточно-Казахстанской области, в % к предыдущему году [1-4]

Показатели	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Численность населения на начало года	98,2	97,2	97,7	95,8	100,0	98,9	98,8	98,9	98,8	98,4	99,2
Численность занятых в экономике	94,1	97,9	108,5	95,5	97,3	100,7	103,2	95,1	102,8	101,2	100,1
Численность безработных	140,0	119,2	76,0	80,8	101,9	97,5	91,0	94,0	103,0	100,7	98,3
Среднемесячная номинальная заработная плата	298,7	148,2	135,2	112,7	120,4	117,1	109,9	111,8	106,8	118,6	116,1
Реальная заработная плата работающих в экономике	112,2	108,9	128,4	104,8	113,2	103,9	100,1	104,6	100,9	110,5	107,0
Индекс потребительских цен	151,7	121,5	108,8	103,1	115,3	111,1	108,0	106,5	106,2	107,3	107,8
Объем промышленной продукции	95,0	91,6	104,8	101,5	100,2	119,3	116,5	101,4	104,8	104,9	116,8
Продукция сельского хозяйства	108,5	72,8	72	113	115,3	105,5	113,3	111,4	101,3	105,6	107,1
Розничный товарооборот	91,8	149,3	141,2	98,4	108,3	103,6	105,0	114,7	108,7	106,1	
Инвестиции в основной капитал	81,4	50,0	130,6	129,1	125,9	159,8	93,6	90,7	118,3	109,1	152,1
Ввод в эксплуатацию общей площади жилья	78,7	61,7	124,4	92,2	62,8	78,0	126,1	106,8	132,3	140,2	158,3



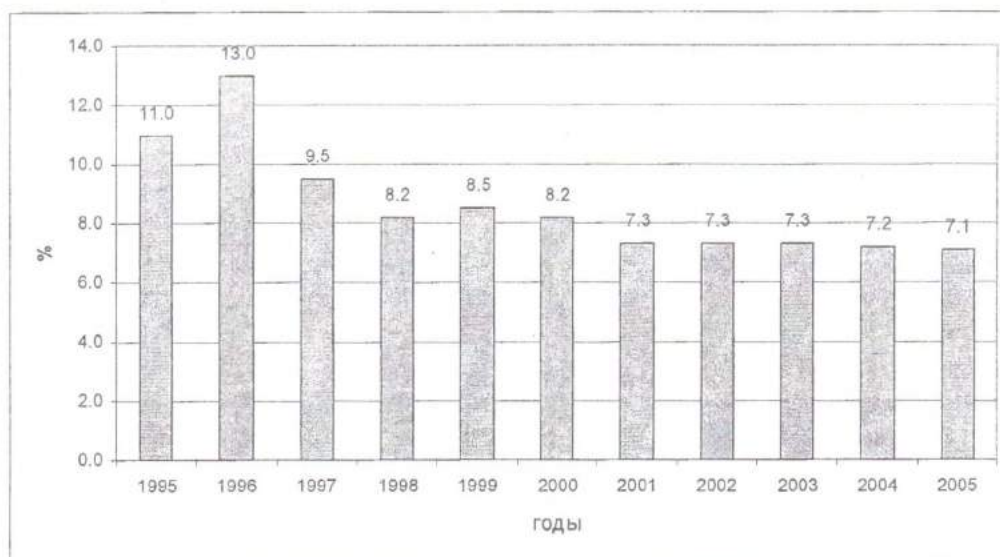


Рис. 2. Уровень безработицы, % к экономически активному населению

к снижению безработицы. В 2005 г. определился самый низкий уровень безработицы – 7,1% за последние 10 лет (рис. 2).

*Уровень жизни населения.* За основные индикаторы уровня жизни населения приняты размеры денежных доходов населения, заработной платы, прожиточного минимума, средний размер назначенной пенсии (табл. 3).

Комплексную оценку уровня человеческого развития и использования человеческого потенциала дает показатель индекса человеческого развития, рассматриваемый в качестве комплексной оценки. Уровень жизни населения определяется также занятостью населения, жилищны-

ми условиями, уровнем бытового, культурного, здравоохранительного обслуживания, степенью развития инфраструктуры и социальной сферы. Повышение уровня и качества жизни населения является важнейшей задачей социальной политики Республики Казахстан, в том числе и Восточно-Казахстанской области, на современном этапе общественного развития. В последние годы наблюдаются рост денежных доходов населения и даже превышение доходов населения Восточно-Казахстанской области над среднереспубликанскими в 2001–2002 гг. за счет развития в области металлургической и химической отраслей. В последнее время отслеживается стабильное

Таблица 3. Основные показатели уровня жизни населения Восточно-Казахстанской области в 2001–2005 гг. [1, 2]

Показатели	2001	2002	2003	2004	2005
Денежные доходы населения (в среднем на душу населения в месяц), тенге	8226	9296	10095	11883	13674
Среднемесячная начисленная заработная плата одного работника, тенге	16832	18816	20099	23846	27688
Среднемесячный размер назначенной пенсии на одного пенсионера, тенге	5002	5454	6427	8617	9150
Величина прожиточного минимума, в среднем на душу населения, тенге	4568	4638	4872	5364	6082
Доля населения, имеющего доходы, использованные на потребление, ниже величины прожиточного минимума, %	21,1	20,0	16,9	14,9	8,2
Доля населения, имеющего доходы, использованные на потребление, ниже стоимости продовольственной корзины, %	9,3	6,3	6,2	4,4	1,9
Соотношение дохода, использованного на потребление, и величины прожиточного минимума	142,0	157,3	167,4	171,3	179,8
Индекс потребительских цен, % к предыдущему году	109,8	106,9	105,9	107,4	107,8

увеличение номинальных денежных доходов населения области. В течение последних четырех лет ежегодный прирост показателя составлял 108,9–117,7%. Росту среднедушевых доходов населения области способствовало повышение уровня среднемесячной заработной платы на 41,7% (с 2001 по 2005 г.), минимальной заработной платы на 89,4%, среднемесячного размера пенсии на 70%. [6]. Среднедушевые номинальные денежные доходы населения в среднем по республике достигли в 2005 г. 13 674 тенге, увеличившись по сравнению с 2001 г. на 60,2%, с 2004 г. на 15,7%. Реальные денежные доходы населения области также растут. За 2001–2005 гг. они повысились на 18,7%, причем наибольший рост приходился на 2005 г. – 9,6%. На общем фоне республики как в предшествующие годы лидирующие позиции по величине денежных доходов остаются за южной и северной столицами, Мангистауской и Атырауской областями. Здесь уровень доходов, сложившийся на душу населения, превышает среднереспубликанский в 1,9–2,3 раза. Вместе с тем номинальные среднедушевые доходы населения Жамбылской и Южно-Казахстанской областей составляют порядка 50,2–54% от среднереспубликанского показателя. Восточно-Казахстанская область по уровню среднедушевых доходов в среднем за месяц 2005 г. в рейтинге регионов занимала 9 позицию по шкале убывания. Структура денежных доходов населения области складывается из доходов от трудовой деятельности на 72,0% социальных трансфертов и прочих поступлений.

В городской местности доходы от трудовой деятельности были выше, чем в сельской. В ре-

Таблица 4. Структура денежных доходов населения в среднем на душу населения, тенге [1, 6]

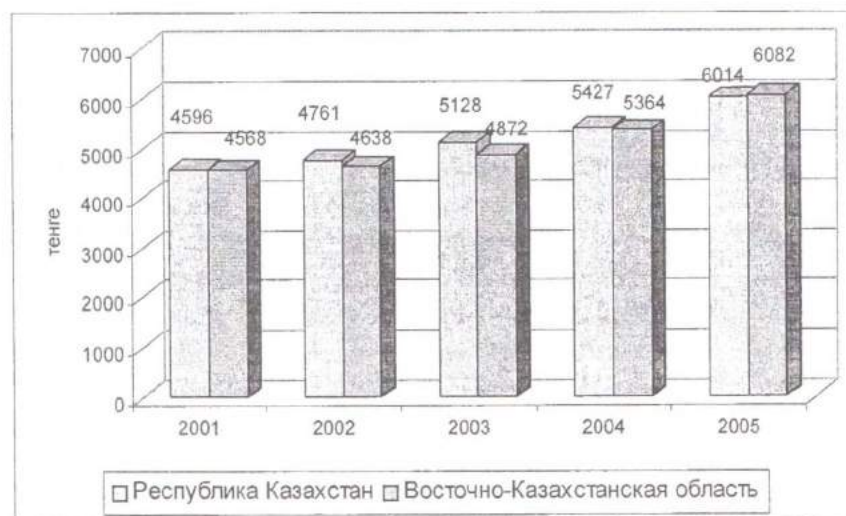
Показатели	2001	2002	2003	2004	2005
Денежные доходы всего, тенге	8226	9296	10095	11883	13674
Денежные доходы всего, %	100	100	100	100	100
В том числе					
Доходы от трудовой деятельности	64,3	74,7	69,7	70,2	72,0
Социальные трансферты	31,4	20,9	25,5	22,6	23,0
Прочие поступления	4,3	4,4	4,8	7,2	5,0

гиональном аспекте наиболее высокие денежные доходы в 2005 г. отмечены в Шемонаихинском административном районе, самые низкие – в Тарбагатайском. Распределение денежных доходов населения области представлено в табл. 4.

Разные экономические и климатические условия на территории республики обуславливают значительную разницу в ценах на продукты питания и соответственно величины прожиточного минимума в административных областях. В 2004 г. он варьировал от 7844 тенге в Мангистауской области до 5217 тенге в Жамбылской области.

Величина прожиточного минимума в среднем на душу населения в месяц в Восточно-Казахстанской области в 2005 г. составляла 6082 тенге, что выше республиканского показателя 6014 тенге, и равнялась 101,1% к среднереспубликанской величине. Прожиточный минимум в области один из самых низких в Казахстане. Динамика размера прожиточного минимума по республике и области отражена на рис. 3.

Рис. 3. Величина прожиточного минимума, тенге





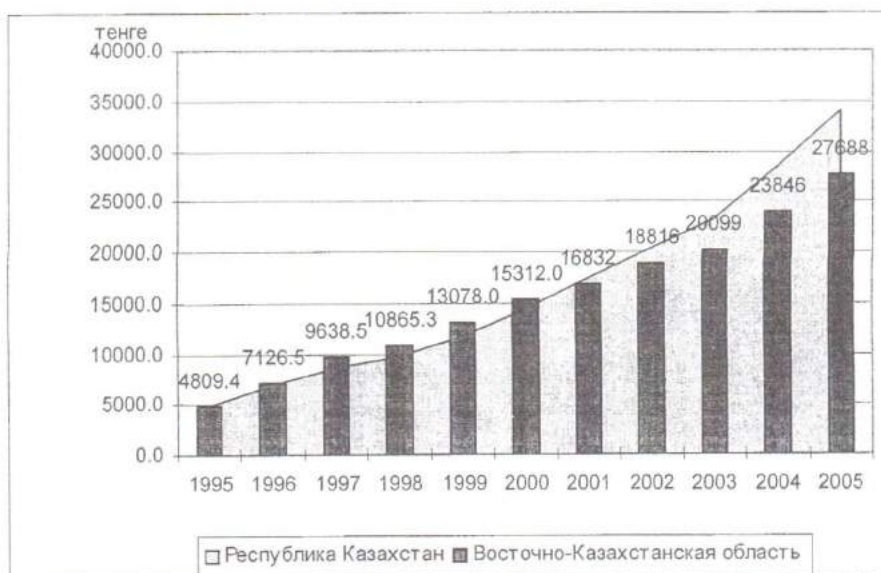


Рис. 4. Среднемесячная номинальная заработная плата одного работника, тенге

Происходят позитивные изменения в уровне жизни населения. Среднемесячная номинальная заработная плата одного работника за 2005 г. составляла 27 668 тенге и по отношению к предыдущему году возросла на 16,1%, к 1995 г. – в 5,8 раза (рис. 4). Реальная заработная плата в 2005 г. по сравнению с 2004 г. повысилась на 10,5% [1, 6].

Анализ динамики среднемесячной номинальной заработной платы одного работника Республики Казахстан и Восточно-Казахстанской области показал, что с 1995 г. наблюдается стабильный рост заработной платы в исследуемой области, но с 2000 г. номинальная заработная плата одного работника в Восточно-Казахстанской области ниже среднереспубликанской. В территориальном разрезе наиболее высокая заработная плата работников в 2005 г. отмечалась в Бородулихинском районе, самая низкая – в Тарбагатайском. Оплата мужского труда, как правило, несколько выше оплаты женского – среднемесячная номинальная плата женщин в 2005 г. сложилась на уровне 70,2% от заработной платы мужчин.

Из социальных трансфертов в общей массе денежных доходов населения Восточно-Казахстанской области приходилось 22,6%, из которой 80,1% составляли пенсионные выплаты, 17,7% – пособия, 1,8% – адресная и социальная помощь, 0,4% – стипендии. Нами рассмотрено изменение среднего размера назначенной пенсии. В области 213,2 тыс. чел. получают пенсию [6]. Уровень назначенных пенсий в Восточно-Казахстанской

области выше, чем в целом по Республике Казахстан, на 6,3% (рис. 5).

Другим важным показателем уровня жизни являются денежные расходы населения. Рост денежных доходов населения ведут к увеличению его денежных расходов. Среднедушевые расходы обследуемых домашних хозяйств области в среднем за один месяц 2004 г. сложились в размере 7824 тенге (в среднем по республике – 7500 тенге), что на 14,5% превысило уровень предыдущего года и на 42,8% уровень 2001 г. При этом среднедушевой расход за один месяц 2004 г. для городского населения составил 95 566 тенге, для сельского – 5413 тенге. По уровню среднедушевых расходов в 2004 г. в рейтинге регионов Восточно-Казахстанская область занимает седьмое место по шкале убывания. Лидирующие позиции остаются за Астаной, Алматы, Мангистауской и Атырауской областями.

Наибольший удельный вес в расходах населения занимают потребительские расходы. В 2004 г. в структуре расходов населения Восточно-Казахстанской области 93,1% (в среднем по республике – 94,8%) приходился на потребительские, включающие продовольственные, непродовольственные товары и платные услуги, на материальную помощь родственникам, знакомым, алименты приходилось 3,9%, на погашение кредита или долга – 2,7%, на оплату налогов и других платежей – 0,3% (табл. 5, рис. 6).

В сельской местности области доля, затрачиваемая на продовольственные товары, больше, чем в городской местности. Доля низкодоходного

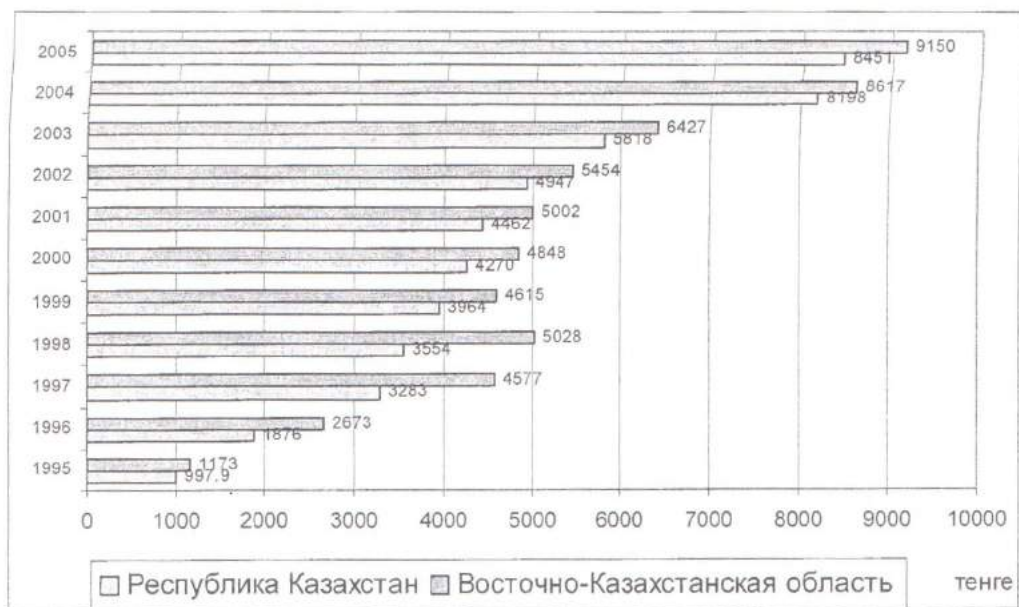


Рис. 5. Динамика средних размеров назначенных пенсий, тенге

Таблица 5. Структура денежных расходов населения, % [6]

Показатели	2001	2002	2003	2004	2005
Денежные расходы, всего в среднем за месяц, тенге	5480	61746	6835	7824	9432
Денежные расходы всего	100	100	100	100	100
В том числе					
Потребительские расходы	95,6	94,5	94,2	93,1	93,0
Налоги, сборы, платежи	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Прочие расходы	4,1	5,2	5,5	6,6	6,7

населения в Восточно-Казахстанской области в 2005 г. составляла 8,2%.

*Потребление продуктов питания.* Вся потребительская корзина жителей Восточно-Казахстанской области за один месяц складывалась из продуктов питания – 44,4 и 55,6% приходится на непродовольственные товары, платные услуги и прочие расходы. На рис. 7 отражено потребление продуктов питания на душу населения в Восточно-Казахстанской области и Республике Казахстан. По всем продовольственным показателям потребление продуктов питания жителями Восточно-Казахстанской области ниже

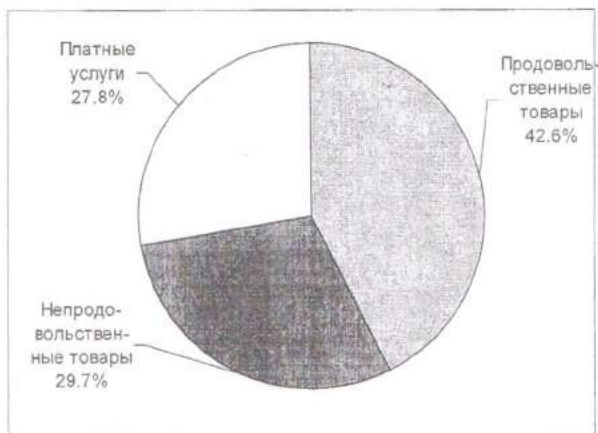


Рис. 6. Структура потребительских расходов населения Восточно-Казахстанской области в 2005 г.

нормативных показателей, разработанных Институтом питания МОН РК. Сельское население области потребляет больше, чем городское, хлебных продуктов и крупяных изделий, картофеля, молочных продуктов, сахара и кондитерских изделий. В городской местности преобладает потребление мяса и мясных продуктов, рыбы и морепродуктов, яиц и фруктов над сельской местностью [2, 7].

*Социально-бытовые условия жизни населения.* В настоящее время жилищный фонд области характеризуется довольно высоким уровнем инженерного оборудования и благоустройства.





Рис. 7. Потребление продуктов питания на душу населения

Условия жизни населения характеризуются не только размером жилой площади, но и наличием водопровода, канализации, центрального отопления и газа. Благоустройство занимаемого жилья обследуемых в 2005 г. домашних хозяйств сельской местности Восточно-Казахстанской области представляет собой обеспеченность на 2% отоплением, 7% канализацией, 12% водопроводом, 1% горячим водоснабжением, 2% ванной и душем, газом 85% и 72,4% телефонизированы.

Обеспеченность жильем населения, в том числе и сельского, – одна из самых высоких по республике. Средняя обеспеченность одного

жителя Восточно-Казахстанской области и Республики Казахстан жильем на конец года отражена на рис. 8. В 2005 г. жилищный фонд в сельской местности Восточно-Казахстанской области составил 8862 тыс. м<sup>2</sup>. Средний размер сельских квартир – 60,6 м<sup>2</sup> [2].

Некоторую напряженность в жизнеобеспечении населения коммунальными и социальными услугами вызвал переход на рыночные отношения. Основными проблемами сельских жителей являются длительный спад производства и, как следствие, высокий уровень безработицы, существенное снижение жизненного уровня, отток трудоспособного населения, недостаток бюд-

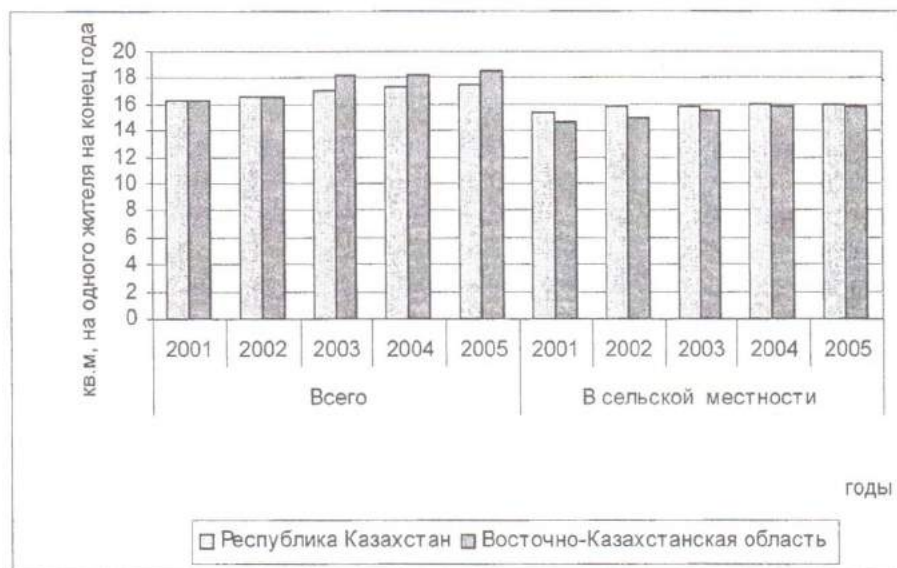


Рис. 8. Средняя обеспеченность жильем на одного жителя на конец года, м<sup>2</sup> общей площади

жетных средств и инвестиций, проблема содержания объектов социальной сферы, слабые транспортные связи, недостаточная обеспеченность электроэнергией и теплом.

Основной причиной резкого ухудшения ситуации с водоснабжением за последние годы является полный развал существовавшей системы водоснабжения. Водопроводные линии изношены и во многих сельских местностях не работают. Вода в колодцах, являющихся наиболее распространенными источниками водоснабжения в селе, низкого качества. Сельские жители вынуждены часто использовать привозную воду, которая поступает непостоянно – либо по графику в определенные часы, либо в определенные дни недели. Другие имеющиеся источники не обеспечивают население пригодной для питья водой. Проблема с водоснабжением значительно влияет на социально-экономическое положение сельского населения. Плохое качество воды негативно влияет на состояние здоровья. Расходы на лечение ложатся тяжким бременем на семейный бюджет и увеличивают число бедных семей, к тому же больным людям значительно труднее прокормить семью. Кроме того, недостаток воды ведет к нарушению норм санитарии и гигиены. Так как население экономит воду для использования в быту, это влечет за собой рост заболеваемости.

*Социальная сфера.* Социальная сфера области представлена системой образования и здравоохранения, культурными заведениями. В области функционируют 71 дошкольное учреждение, где содержится 10,9 тыс. детей, в том числе 10 в сельской местности (0,8 тыс. детей), 840 общеобразовательных школ (где учатся 242,9 тыс. учащихся), в том числе 609 школ в сельской местности, 42 колледжа (33,1 тыс. учащихся),

38 профессионально-технических школ (12,4 тыс. студентов) и 11 высших учебных заведений (54,8 тыс. студентов) [1,8]. Дошкольные учреждения имеются только в 6 административных районах области – в Бородулихинском, Кокпетинском, Курчумском, Катон-Карагайском, Тарбагатайском, Урджарском.

В области функционирует 105 больничных учреждений, в которых трудятся 5,5 тыс. врачей всех специальностей и 11,6 тыс. среднего медицинского персонала (табл. 6).

Районные больницы отсутствуют в 5 административных районах – в Аязозском, Глубоковском, Зайсанском, Зырянском и Шемонайхинском. В Восточно-Казахстанской области имеется 6 сельских участковых больниц, 4 туберкулезных диспансера в Бородулихинском, Глубоковском, Кокпетинском и Катон-Карагайском районах. Почти все районы обеспечены сельскими врачебными амбулаториями и фельдшерско-акушерскими пунктами, кроме Абайского, Аязозского и Тарбагатайского административных районов.

В Восточно-Казахстанской области функционируют 171 культурное учреждение, 11 музеев, 2 театра и 4 кинотеатра. Область оснащена 259 библиотеками с библиотечным фондом 5680,9 тыс. книг и журналов, имеющимися во всех 15 административных районах [1, 8].

Основные проблемы Восточно-Казахстанской области заключаются в высоком уровне безработицы, трудностях в получении образования в связи с его платным характером, росте цен на продовольственные и непродовольственные товары, увеличении порога наступления пенсионного возраста, низком качестве муниципальных услуг – аварийном состоянии дорог, низком уровне медицинского обслуживания, увеличении

Таблица 6. Основные показатели системы здравоохранения [2, 9]

Показатели	2005 г.
Численность врачей всех специальностей	5551
Численность врачей всех специальностей на 10 000 населения	38,8
Численность среднего медицинского персонала	11560
Численность среднего медицинского персонала на 10 000 населения	80,8
Больничные учреждения	106
Число больничных коек в расчете на 10 000 чел. населения	79,3
Число врачебных учреждений, оказывающих амбулаторно-поликлиническую помощь населению	412
Стационарное и амбулаторно-поликлиническое обслуживание женщин области:	
число коек для беременных и рожениц	793
число женских консультаций и число учреждений, имеющих акушерско-гинекологические кабинеты	120



разрыва в уровне жизни между богатым и бедным населением, росте психических заболеваний, связанных с употреблением алкогольных напитков и психотропных веществ, а также в существующих экологических проблемах, нехватке школ и дошкольных учреждений, недостатках в системе получения профессионально-технического и высшего образования. Сопряженный анализ статистических показателей социально-экономического уровня развития Восточно-Казахстанской области и Республики Казахстан показал, что в области при высоком уровне валового регионального продукта на душу населения, высоком уровне средней номинальной заработной платы, высоком развитии промышленности, высоких инвестиционных показателях вместе с тем наблюдается высокий уровень безработицы, имеет место слабое развитие сельского хозяйства, отмечаются спад численности населения за счет как низкого естественного прироста, так и оттока населения, неблагоприятная экологическая обстановка, вызывающая высокий уровень заболеваемости населения и смертности детей в возрасте до 1 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Восточный Казахстан 2005 год. Управление статистики ВКО. Усть-Каменогорск, 2005. 162 с.
2. Регионы Казахстана, 2006: Статистический сборник. Алматы, 2006. 430 с.
3. Региональный статистический ежегодник Казахстана 1993–1996 гг. Алматы, 1997. 470 с.
4. Региональный статистический ежегодник Казахстана 1995–1998 гг. Алматы, 1999. 356 с.
5. Основные индикаторы рынка труда в разрезе районов Республики Казахстан, 2004 г. Серия 13. Занятость населения и оплата труда. Агентство РК по статистике. Алматы, 2005. 119 с.
6. Уровень жизни населения ВКО мониторинг 2001–2004 гг. Агентство РК по статистике, Управление статистики ВКО. Усть-Каменогорск, 2005. 60 с.
7. Потребление продуктов питания по областям Республики Казахстан, 2004 г. Серия 12. Уровень жизни населения. Экспресс-информация № 10/18-14-02. Алматы, 2005. 5 с.
8. Итоги обследования сельских населенных пунктов Республики Казахстан на основании индикаторов социальной и инженерной инфраструктуры по состоянию на 1 января 2004 г. Т. 1. Сер. 15. Демография. Астана: Агентство Республики Казахстан по статистике, 2004.
9. Здоровье населения Республики Казахстан и деятельность организаций здравоохранения в 2005 г.: Статистический сборник. Астана; Алматы, 2006. 260 с.

УДК 551.578.48

В. П. БЛАГОВЕЩЕНСКИЙ, О. А. БЕРМАН, И. В. КОНДРАШОВ

### МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК СНЕЖНОГО ПОКРОВА И ЛАВИННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ИЛЕЙСКОМ АЛАТАУ

*1966 жылдан 2006 жылға дейігі кезеңде Іле Алатауында қарлықтың (қар қалыңдағы, су эквиваленті) және көшкін әректілігінің (көшкін болған күндер саны, көшкіндер саны және көшкіндердің жиынтық көлемі) сипаттамалары өзгермелілігінің көрсеткіштері қаралды.*

*Рассмотрены показатели изменчивости (стандартное отклонение и линейный тренд) характеристик снежности (высота снега, водный эквивалент) и лавинной активности (число дней с лавинами, количество лавин и суммарный объем лавин) с 1966 по 2006 г. в Илейском Алатау.*

*In the article parameters of variability (standard deviation, and linear trend) of snowiness (snow height, and snow water equivalent) and avalanche activity characteristics (the number of days with avalanches, the number of avalanches, total volume of avalanches, and maximum avalanche volume) for the period from 1968 to 2006 in the Zailiyskiy Alatau range are considered.*

При проектировании противолавинных сооружений и планировании хозяйственной деятельности в лавиноопасных районах необходимо иметь данные об изменчивости снежности и лавинной

активности. Эти данные могут быть получены в результате многолетних наблюдений за снежным покровом и лавинами. Наиболее важными характеристиками снежного покрова являются макси-

мальная за год высота снега и максимальный запас воды в снежном покрове, или водный эквивалент. Лавинная активность может быть охарактеризована числом дней с лавинами, количеством лавин и суммарным объемом снесенного лавинами снега. Наиболее важным показателем изменчивости является среднее квадратическое отклонение многолетнего ряда годовых значений характеристик.

В статье использованы данные наблюдений за снежным покровом и лавинной активностью с 1967 по 2006 г. на двух снеголавинных станциях, расположенных в Заилейском Алатау в соседних долинах на расстоянии 11 км друг от друга. Станция «Чимбулак» находится в долине Киши Алматы на высоте 2200 м над ур. м. Станция «Большое Алмагинское озеро» (БАО) расположена в долине Улкен Алматы на высоте 2500 м над ур. м. На станциях ведутся круглосуточные наблюдения за погодой, ежедневные измерения характеристик снежного покрова на площадках возле станций, регистрируется сход лавин и определяются их параметры. На станции БАО площадка наблюдений расположена на склоне северной ориентации. На станции Шымбулак наблюдения за снегом ведутся на склоне восточной ориентации. Общее число лавиносборов, находящихся под наблюдением, составляет около 50. Они расположены на высотах от 2000 до 3200 м над ур. м.

Для характеристики снежности зимы использованы максимальные за год значения высоты снежного покрова и водного эквивалента. Показателями лавинной активности года являются число дней с лавинами, количество лавин, суммарный объем лавин, объем максимальной

лавины. Средние многолетние значения характеристик снежности и лавинной активности и описания условий лавинообразования в районе исследований приведены в работах [1–4].

**Изменчивость характеристик снежного покрова.** Рассчитанные по многолетним данным показатели изменчивости характеристик снежности приведены в табл. 1. На рис. 1 дан график колебаний максимальной за год высоты снега в пунктах наблюдений. Различия средних многолетних значений высоты и водности снежного покрова на станциях составляют 22–24 %. Это объясняется разницей в высоте и ориентации площадок, на которых проводятся измерения.

Амплитуда межгодовых колебаний высоты снега равна 74–75 см, а водного эквивалента – 263–237 мм. Это составляет 0,78–1,04 (для высоты снега) и 0,98–1,44 (для водного эквивалента) от их среднего многолетнего значения. Стандартное отклонение ежегодных значений высоты снега и водного эквивалента 0,20–0,31 от их средних многолетних значений. За период наблюдений было 5 лет с малой снежностью (1968, 1970, 1974, 1983, 1995 гг.) и 6 лет с высокой снежностью (1969, 1972, 1979, 1985, 1987, 1988 гг.). На обеих станциях прослеживается положительный тренд снежности с градиентами 0,5–0,6 см/год (для высоты снега) и 0,6–1,3 мм/год (для водного эквивалента). Однако достоверность этих трендов мала – коэффициент аппроксимации составляет 0,008–0,09.

**Изменчивость показателей лавинной активности.** В табл. 2 приведены показатели изменчивости характеристик лавинной активности, а на рис. 2 показаны колебания годовых сумм

Таблица 1. Показатели изменчивости снежности

Показатели изменчивости	БАО		Чимбулак	
	Максимальная за год высота снега, см	Максимальный за год водный эквивалент снега, мм	Максимальная за год высота снега, см	Максимальный за год водный эквивалент снега, мм
Минимум	66	147	28	75
Максимум	140	384	105	338
Среднее	95,3	241	74,2	182
Ср. кв. откл.	19,2	63,9	17,8	55,3
К-т вариации	0,20	0,26	0,24	0,31
Тренд	+0,5 см/год	+0,6 мм/год	+0,6 см/год	+1,3 мм/год
Значимость тренда	0,06	0,008	0,09	0,045



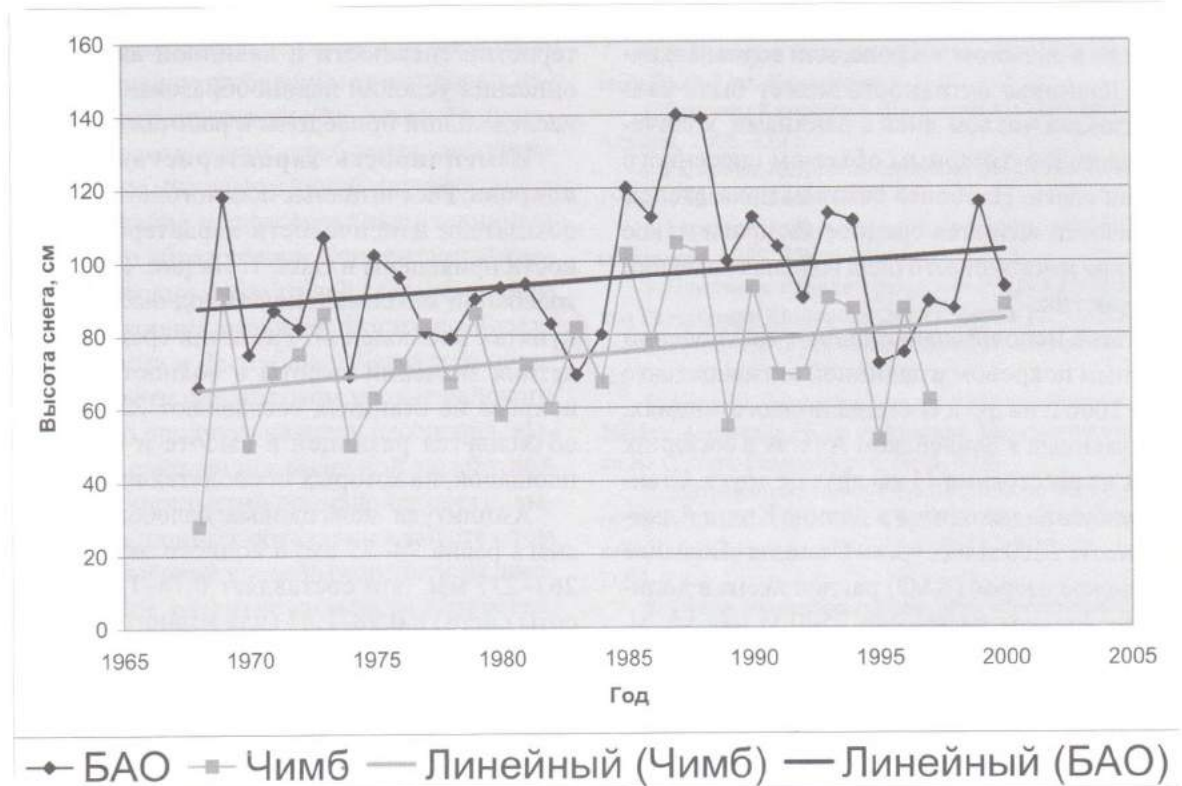


Рис. 1. Изменчивость высоты снега

Таблица 2. Показатели изменчивости лавинной активности

Показатели изменчивости	БАО			Чимбулак		
	Количество лавин	Объем лавин, тыс м <sup>3</sup>	Число дней с лавинами	Количество лавин	Объем лавин, тыс м <sup>3</sup>	Максимальный объем лавин, м <sup>3</sup>
Минимум	4	15	3	3	0,1	0,1
Максимум	173	787	48	47	265	144
Среднее	43	198	20	16	83,1	26
Ср. кв. откл.	36	172,1	12	10	71,9	29
К-т вариации	0,84	0,87	0,6	0,62	0,87	1,1
Тренд	+2,1 лав/год	+5,8 тыс. м <sup>3</sup> /год	+0,7 дней/год	+0,5 лав/год	+0,9 тыс. м <sup>3</sup> /год	+0,3 тыс. м <sup>3</sup> /год
Значимость тренда	0,39	0,13	0,39	0,26	0,016	0,008

объемов лавин. Анализ показал, что изменчивость лавинной активности больше, чем изменчивость снежности. Максимальные показатели лавинной активности в десятки раз превосходят их минимальные значения. Стандартное отклонение годовых значений составляет от 0,6 до 1,1 по отношению к среднему многолетнему значению характеристики. Особенно сильно варьируют объемы лавин. Суммарные объемы лавин, повторяющиеся 1 раз в 50 лет, превышают среднее многолетнее значение почти в 4 раза, а объем

максимальной лавины превышает средний объем почти в 6 раз. Наименьшей лавинной активностью за период наблюдений отличались зимы 1968, 1970, 1983, 1995 гг. Максимальная лавинная активность отмечена в зимы 1969, 1987, 1993, 2003 гг. Лавинная активность года в сильной степени зависит от снежности. Однако наблюдались случаи, когда сильная лавинная активность приходилась на годы с небольшой снежностью. И наоборот, были зимы, когда при большой высоте снега показатели лавинной активности были невысокими.

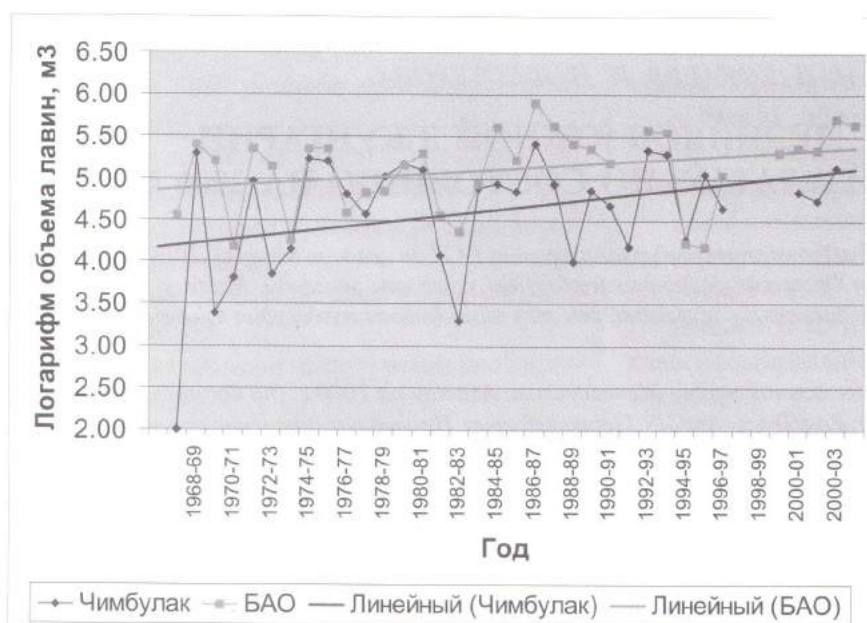


Рис. 2. Изменчивость суммарных объемов лавин

Необходимо отметить, что лавинная активность имеет также сильную изменчивость по территории. Особенно сильно различается лавинная активность в среднегорной и высокогорной зонах. Коэффициент корреляции между суммарными объемами лавин в этих зонах отрицательный. В высокогорной зоне зачастую максимальные показатели лавинной активности отмечаются в годы, когда в среднегорной зоне они были минимальными. Даже в одной высотной зоне корреляция показателей лавинной активности в соседних речных бассейнах не превышает 0,5, а корреляция максимальных годовых объемов лавин в соседних лавиносборах не более 0,3.

Для всех показателей лавинной активности установлены положительные временные тренды, более значимые, чем для показателей снежности. Особенно четко они проявляются в бассейне Улкен Алматы. Значимость трендов достигает 0,39.

Таким образом, стандартное отклонение ежегодных значений высоты снега и водного эквивалента составляет 0,20–0,31 от их средних многолетних значений. За 39 лет наблюдений было 5 зим с малой снежностью (1968, 1970, 1974, 1983, 1995 гг.) и 6 зим с повышенной снежностью (1969, 1972, 1979, 1985, 1987, 1988 гг.). На обеих станциях прослеживается положительный тренд снежности с градиентами 0,5–0,6 см/год и 0,6–1,3 мм/год.

Однако достоверность этих трендов мала – коэффициент аппроксимации составляет 0,008–0,09.

Стандартное отклонение годовых значений характеристик лавинной активности от 0,6 до 1,1 по отношению к среднему многолетнему значению характеристики. Наименьшей лавинной активностью за период наблюдений отличались зимы 1968, 1970, 1983, 1995 гг. Максимальная лавинная активность отмечена в зимы 1969, 1987, 1993, 1993 гг. Положительные тренды установлены для всех показателей лавинной активности.

Тренды снежности и лавинной активности намного меньше, чем межгодовые колебания. Отношение тренда к амплитуде для наиболее значимых трендов составляет 0,15, поэтому при планировании хозяйственной деятельности необходимо учитывать вероятность экстремальных показателей снежности и лавинной активности. Долговременные тренды можно не принимать во внимание.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Северский И. В., Благовещенский В. П. Лавиноопасные районы Казахстана. Алма-Ата: Ғылым, 1990. 171 с.
2. Северский И. В. Снежные лавины Заилийского и Джунгарского Алағау. Алма-Ата: Наука, 1978. 255 с.
3. Severskiy I. V., Blagoveshchenskiy V. P., et al. Snow Cover and Avalanches in Tien Shan Mountains. Almaty, 2000. 180 с.
3. Кондрашов И. В. Прогноз лавин и некоторых характеристик снежности в горах Казахстана. Л.: Гидрометеоздат, 1991. 73 с.



УДК 551.32; 551.332

А. Л. КОКАРЕВ, И. Н. ШЕСТЕРОВА

## КАТАЛОГ ЛЕДНИКОВ ЮЖНОЙ ДЖУНГАРИИ (ЖЕТЫСУСКИЙ АЛАТАУ) ПО СОСТОЯНИЮ НА 2000 ГОД

*MapInfo, Easy Trace, ArcGIS, GeoTransformer бағдарламаларының ГАЗ-ін қолдана отырып, 2000 жылға аркалган Жетісу (Жоңғар) Алатауының Оңтүстік бөлігіндегі мұзбасудың каталогы жасалды. Мұзбасу параметрлерін 1956, 1972 және 1990 жылдармен салыстыру жүргізілді, осы тау аймағындағы мұзбасудың құлдырау қарқындары бағаланды.*

*Составлен каталог оледенения южной части Жетысуского Алатау на 2000 г. (по космоснимкам) с применением ГИС-программ MapInfo, EasyTrace, ArcGIS, Geotransformer. Проведено сравнение параметров оледенения с 1956, 1972 и 1990 гг., оценены темпы деградации оледенения в этом горном регионе.*

*Catalogue of glaciers of the southern part of the Zhetysuskiy (Dzhungarskiy) Alatau by 2000 (using satellite images) with application of GIS programs: MapInfo, EasyTrace, ArcGIS, Geotransformer was compiled. Comparison of parameters of glaciation in 1956, 1972 and 1990 was carried out, rates of degradation of glaciation in the given mountain region were estimated.*

**Создание ГИС.** Картографической основой ГИС-проекта «Каталог состояния ледников на 2000 год» служат оперативная космическая съемка Landsat 7 ETM+ WRS-2, Path 148, Row 029, 04.09.2000 г., Landsat ETM WRS-2, Path 148, Row 029, 14.09.1989 г. (космоснимки нам любезно предоставил наш коллега из Дрезденского университета Dr. Tobias Bolch) и топографические карты М 1:50 000, на основе которых нами составлялся каталог ледников за 1990 г. Использование этих материалов позволило наиболее полно отразить пространственную информацию о ледниковых комплексах исследуемой территории. Такой тип космической информации дал возможность выделить ледники, моренные комплексы, озера и другие объекты гляциологического мониторинга на момент съемки. Снимок не лучшего разрешения (размер pixel – 30 м), что несколько затрудняло обработку снимка и его дешифрирование, которые проведены по известным методикам [1] с применением программ ENVI 4.0, ERDAS Imagine 8.6 и MapInfo 7.8. Авторы постарались свести неизбежную ошибку к минимуму, в частности, с созданием панхроматического изображения (что увеличивает наземное разрешение или размер pixel до 15 м), выбором мультиспектральных изображений, максимально удовлетворяющим задачам проекта, и выполнением различных видов коррекции (табл. 1).

В ходе проекта были выполнены следующие задачи обработки данных дистанционного зондирования:

Таблица 1. Характеристика спектральных диапазонов и пространственного разрешения спутника Landsat 7 ETM+

Каналы	Спектральные диапазоны, мк	Наземное разрешение, м
1	0,45–0,515	30
2	0,525–0,605	30
3	0,63–0,690	30
4	0,75–0,90	30
5	1,55–1,75	30
6	10,40–12,5	60
7	2,09–2,35	30
Панхромат	0,52–0,90	15

1) выбор мультиспектральных изображений, максимально удовлетворяющих задачам проекта, связанных с оценкой изменений и т.п.;

2) импорт изображений в формат программ обработки данных ДЗ (ERDAS Imagine 8.6., ENVI 4.0);

3) выполнение различных видов коррекции (атмосферной, яркостной и т.д.);

4) географическая коррекция снимков (привязка мультиспектрального изображения в систему координат);

5) коррекция снимка с имеющимися топокартами ГИС-проекта;

6) отцифровка гляциологической информации;

7) экспорт полученных карт в ГИС.

Геоинформационная система (ГИС) определяется как комплекс программных и технических средств, включающий аппаратные средства и программное обеспечение, предназначенное для ввода, хранения и обработки картографической

информации в целях анализа и тематического моделирования.

*Внедрение ГИС решает проблемы управления за счет:*

- повышения степени достоверности информации;
- устранения дублирования данных;
- увеличения степени надежности хранения и обработки информации;
- обеспечения представления информации в удобной форме;
- сокращения времени на получение необходимой информации.

*Решаемые задачи:*

- определение целей применения ГИС и задач, решаемых системой;
  - оснащение вычислительными средствами на уровне объемов информации, а также сложности и состава решаемых задач;
  - сбор, организация и ввод на соответствующем уровне картографической и тематической информации в ГИС;
  - моделирование пространственных данных.
- Иерархия структуры ГИС* включает в себя:

сбор и формализацию первичной информации (инвентаризационные карты, динамика географических объектов и т.п.);

контроль, обобщение и анализ информации (построение интерполяционных карт, диаграмм, графиков на основе аналитических данных);

активное использование оперативных данных; импорт и анализ данных дистанционного зондирования в ГИС;

анализ GRID изображений (производных от классифицированных мультиспектральных изображений).

**Общая модель ГИС каталога ледников.**

Модель ГИС-проекта (рис. 1) строилась на основе трех основных компонентов: исходных данных, программного блока и анализа. Четвертый компонент, блок принятия решения, является результирующим компонентом системы. Он осуществляет запросно-ответную связь на ядре системы, тем самым обеспечивает общение пользователя с данными. После формирования запросов и передачи их в систему блок представляет интерпретацию полученного результата.



Рис. 1. Модель ГИС-проекта

Основу ядра исходных данных составляют базы геоданных (векторные слои, тематические карты, космоснимки, ЦМР) и база данных (результаты исследований, аналитические данные по изучению). При этом поддерживается связь между графическими объектами карты и записями в базах данных. Ядро анализа является инструментальной частью комплекса ГИС. Оно состоит из программных модулей, реализующих различные аспекты поведения системы и работы ГИС. Основа ядра – программный комплекс MapInfo 7.8. ГИС включает в себя 6 основных слоев, составляющих топооснову проекта, и более 10 вспомогательных слоев по исследуемому региону (рис. 2).

Для качественной идентификации некоторых гляциологических объектов (в частности, морен) возникла необходимость в создании цифровой модели рельефа (ЦМР). Она была создана с применением данных спутникового зондирования поверхности земли и с высокой точностью

«посажена» на космоснимки ГИС-проекта. В результате были построены изолинии через 50 и 100 м и появилась возможность качественной визуализации космических изображений с помощью инструментариев объема (3D моделирование). Пример использования ЦМР представлен на рис. 3.

**Каталог ледников.** Оледенение Южного Жетысуского Алатау территориально относится к Каталогу ледников СССР, т. 13, вып. 2, ч. 4 [2]. Для топоосновы ГИС была принята проекция UTM WGS84 (UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR).

Современное оледенение Южного Жетысуского Алатау расположено в бассейнах рек с востока на запад: Коргас, Чижин, Тышкан, Бурхан, Улькен Осек, Орта Осек, Киши Осек, Борохудзир; относятся к бассейну р. Иле. Все ледники на рассматриваемой территории были разделены на три группы: 1) ледники основных долин, залегающие между горными хребтами (сложные долинные, котловинные, простые и асимметричные



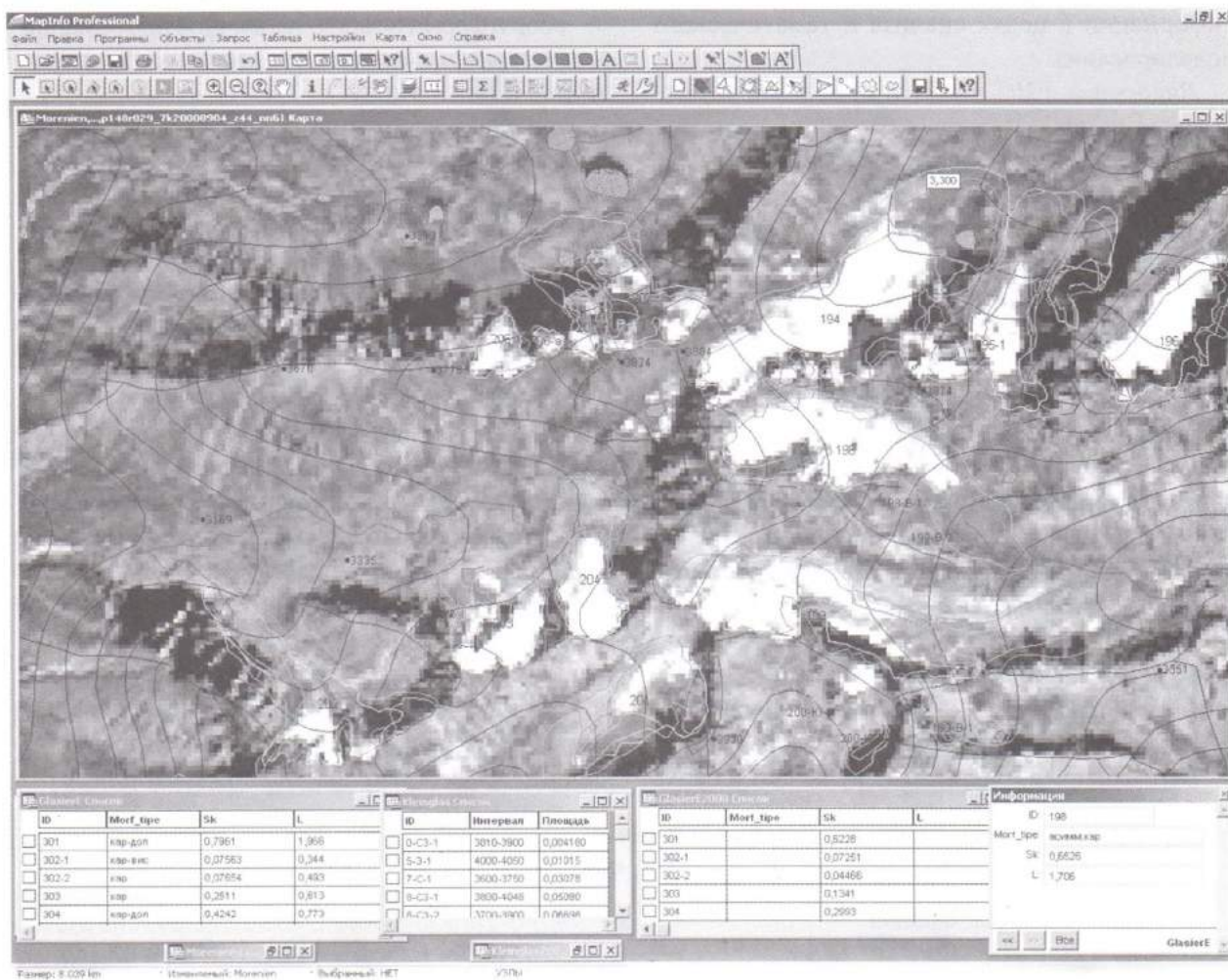


Рис. 2. Пример "Viewer" участка бедления Южного Жетыеуского Алатау

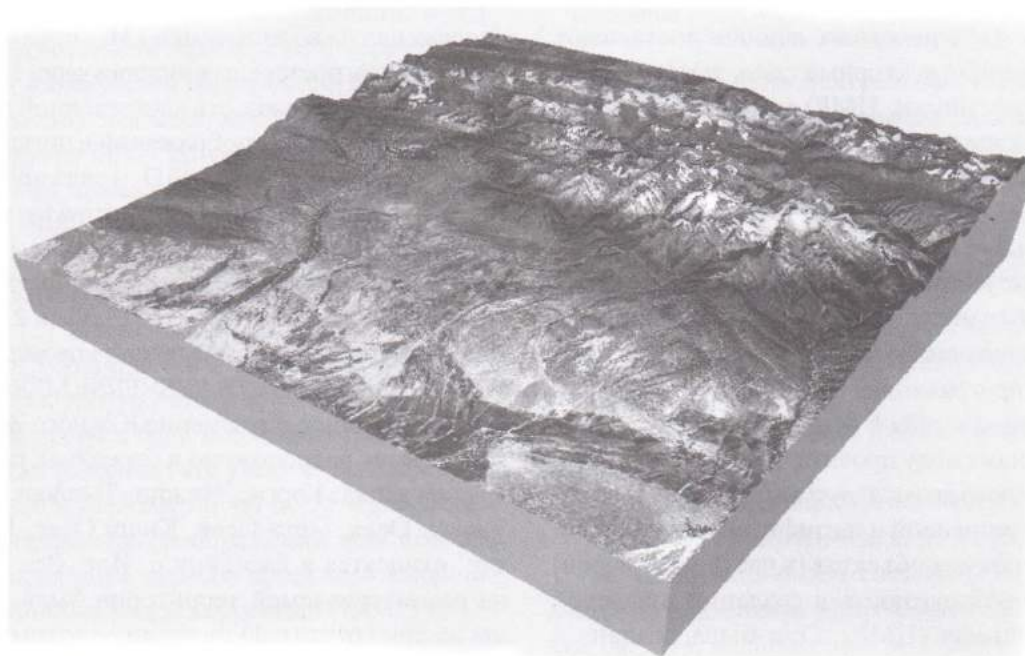


Рис. 3. 3D модель участка Южного Жетыеу Алатау

долинные); 2) ледники, расположенные на склонах хребтов (шлейфовые, карово-долинные, висячие каровые, каровые, карово-висячие, висячие); 3) ледники на денудационных поверхностях (плоских вершинах).

Сведения о ледниках по бассейнам рек Южного Жетысуского Алатау по состоянию на 2000 г. приведены в основной таблице каталога, составленной в соответствии с «Руководством по составлению Каталога ледников СССР» [3]. Морфологический тип и общая экспозиция ледников определялись по предыдущему каталогу (по состоянию на 1990 г.), составленному А. Л. Кокаревым и И. Н. Шестеровой [4], и корректировались в случаях значительного изменения площади по топографическим картам и космическим снимкам. Объем ледников  $V_l$  и погребенного льда  $q_{nl}$  находилась по формулам, предложенным П. А. Черкасовым для Джунгарского Алатау [5]:

1) для ледников «основных долин»:

$$V_l = 29,76 F_l^{1,38} / 10^3, \quad (1)$$

$$q_{nl} = 29,76 \cdot F_{ol}^{0,379} \cdot K_{nl} \cdot F_{nl} \cdot 10^{-3}; \quad (2)$$

2) для ледников «висячих долин и каров», площадью менее 3 км<sup>2</sup>:

$$V_l = 49,37 F_l^{1,2} / 10^3, \quad (3)$$

$$q_{nl} = 49,369 \cdot F_{ol}^{0,202} \cdot K_{nl} \cdot F_{nl} \cdot 10^{-3}; \quad (4)$$

3) для ледников «горных склонов»:

$$V_l = 0,00393 F_l^{1,124} / 10^6, \quad (5)$$

$$q_{nl} = 0,00393 \cdot F_{ol}^{0,124} \cdot K_{nl} \cdot F_{nl} \cdot 10^{-6}; \quad (6)$$

4) для ледников площадью менее 0,1 км<sup>2</sup>:

$$V_l = 3,93 \cdot 10^{-9} \left( \frac{\sum F_l}{n} \right)^{1,12}, \quad (7)$$

$$q_{nl} = 0,00393 \cdot \left( \frac{F_{ol < 0,1}}{n_{л < 0,1}} \cdot n_{л < 0,1} \right)^{0,124} \times \\ \times K_{nl} \cdot F_{nl < 0,1} \cdot 10^{-6}, \quad (8)$$

где  $F_l$  – площадь открытого льда;  $F_i$  – площадь  $i$ -го ледника  $< 0,1$  км<sup>2</sup>;  $K_{nl}$  – коэффициент перевода средней толщины открытой части ледника в толщину «мертвого» погребенного льда, равный 0,5;  $F_{ol}$  – площадь открытого льда;  $F_{nl}$  – площадь погребенного льда;  $F_{ol < 0,1}$  – общая площадь открытого льда ледников в бассейне реки с площадью  $< 0,1$  км<sup>2</sup>;  $n_{л < 0,1}$  – общее количество ледников в бассейне реки с площадью  $< 0,1$  км<sup>2</sup>, имеющих площади погребенного льда под боковыми и конечными моренами;  $F_{nl < 0,1}$  – площадь погребенного льда у ледников с площадью  $< 0,1$  км<sup>2</sup>. В формулах (1)–(4)  $F_l$  выражена в км<sup>2</sup>, а в формулах (5)–(8) – в м<sup>2</sup>.

Общие данные о количестве, площади и объеме ледников, включая открытые и погребенные части в основных бассейнах, полученные на основе основных таблиц каталога, представлены в табл. 2.

Полученные данные позволяют провести предварительный анализ изменения количества, площади и объема ледников между реперными годами.

Согласно данным каталогов ледников с 1956 по 2000 г. шел неуклонный рост количества и

Таблица 2. Количество, площадь и объем ледников в бассейнах рек Южного Жетысуского Алатау по состоянию на 2000 г.

Бассейн	Количество			Площадь открытой части, км <sup>2</sup>			Объем открытой части, км <sup>3</sup>			Площадь морен, км <sup>2</sup>	Объем льда под моренами, км <sup>3</sup>
	S<0,1	S>0,1	Всего	S<0,1	S>0,1	Всего	V<0,1	V>0,1	Всего		
Коргас	28	111	139	0,894	48,108	49,769	0,01159	1,97532	1,98691	32,08504	0,62659
Шьжын		11	11		8,342	8,342		0,49213	0,49213	4,18036	0,10655
Тышкан	20	32	52	0,261	12,467	12,728	0,00333	0,43129	0,43462	8,91038	0,15216
Бурхан	4	4	8	0,055	0,516	0,571	0,00070	0,01722	0,01792	0,21412	0,00348
У. Осек	26	64	90	0,440	19,345	19,785	0,00594	0,70231	0,70825	12,47352	0,23055
О. Осек	28	53	81	0,485	14,766	15,251	0,00644	0,56769	0,57413	12,59590	0,21370
К. Осек	22	78	100	0,266	24,744	25,009	0,00335	0,97491	0,97826	13,22922	0,25581
Борохузир	1		1	0,007		0,007	0,00008		0,00008		
Всего	129	353	482	2,408	128,286	131,462	0,03143	5,16087	5,19230	83,68854	1,58882



площади ледников с площадью менее 0,1 км<sup>2</sup>, что связано не только с процессом распада ледников в связи с их деградацией, но и, как уже отмечал П. А. Черкасов [5], в большей степени с увеличением точности исходного картографического материала и технических методов их получения.

Скорость сокращения оледенения в процентном отношении за второй и третий периоды больше, чем за первый (табл. 3). Однако данную оценку следует считать ориентировочной, так как в расчете по причинам, указанным выше, не учитывались площади ледников, приведенных в каталоге общим списком (без порядкового номера).

Таблица 3. Скорость изменения площади оледенения Южного Жетысуского Алатау

Показатели	1956 г.	1972 г.	1990 г.	2000 г.
Площадь, км <sup>2</sup>	220,8	184,26	148,68	128,29
Период	1956-1972	1972-1990	1990-2000	1956-2000
Изменение, км <sup>2</sup>	-36,56	-35,56	-20,39	-92,51
Деградация, км <sup>2</sup> /год	-2,28	-1,98	-2,04	-2,10
Изменение, %	-16,6	-19,3	-13,7	-41,9
Деградация, %/год	-1,03	-1,07	-1,37	-0,95

Таким образом, скорость деградации площади оледенения Южного Жетысуского Алатау вполне сопоставима со скоростью деградации оледенения северного склона Заилийского и Кунгей-Алатау, где она, по оценкам Е. Н. Вилесова и П. А. Черкасова, за 1956–1990 гг. практически составляла от 0,8 до 1 % в год. В целом за 44 года (1956–2000), площадь оледенения уменьшилась на 42%, теряя в среднем 0,95 % в год.

Если сравнить полученные с одинаковой степенью достоверности общие площади оледенения (с учетом мелких ледников) за 1990 и 2000 гг., то площадь оледенения уменьшилась за 10 лет на 23,086 км<sup>2</sup>, или на 15%, и степень деградации составила 1,5% в год. Ход изменения площади оледенения Южного Жетысуского Алатау показан на рис. 4.

Для объективной оценки оледенения в горном регионе важно определять не только изменения открытых частей ледников. При деградации оледенения (открытой части) увеличиваются площадь и объем погребенных льдов. Но определенную трудность составляет расчет поправки к формулам (2), (4), (6), (8), учитывающей деградацию погребенных льдов на данной площади за расчетный период. Пока нам удалось рассчитать общую поправку к определению объемов на основе анализа карт, полученных в результате крупномасштабных фотограмметрических съемок горноледникового комплекса Туйыксу в 1958 и 1998 гг. [6, 7]. На основании учета разницы высот, полученных в результате наложения разновозрастных карт, нами построена карта изменений высоты поверхности ледников и морен (рис. 5).

Карта выполнена с помощью ГИС-программы MapInfo 7.8, и подсчитаны площади изменения высот, что позволяет с высокой точностью рассчитать процент уменьшения объема погребенных льдов в грубообломочных породах моренного комплекса. Общие потери объема льда погребенной части Туйыксуйской группы ледников за сорокалетний период составили 0,01949 км<sup>3</sup> (19 490 165 м<sup>3</sup>), что эквивалентно 34,3 % от

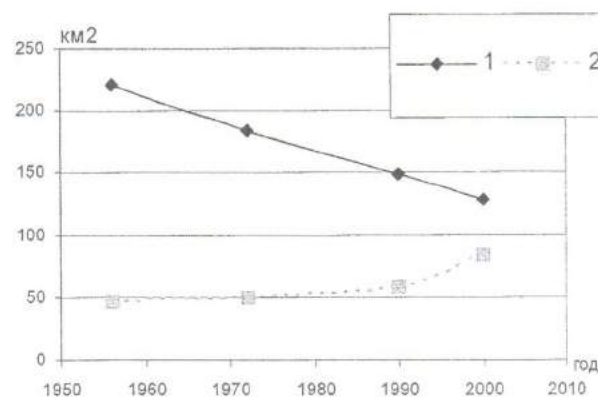
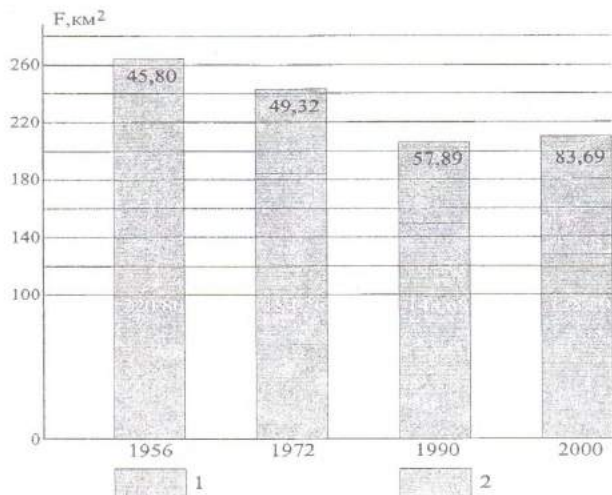


Рис. 4. Изменения площади оледенения Южного Жетысуского Алатау: 1 – чистый лед, км<sup>2</sup>; 2 – морены, км<sup>2</sup>

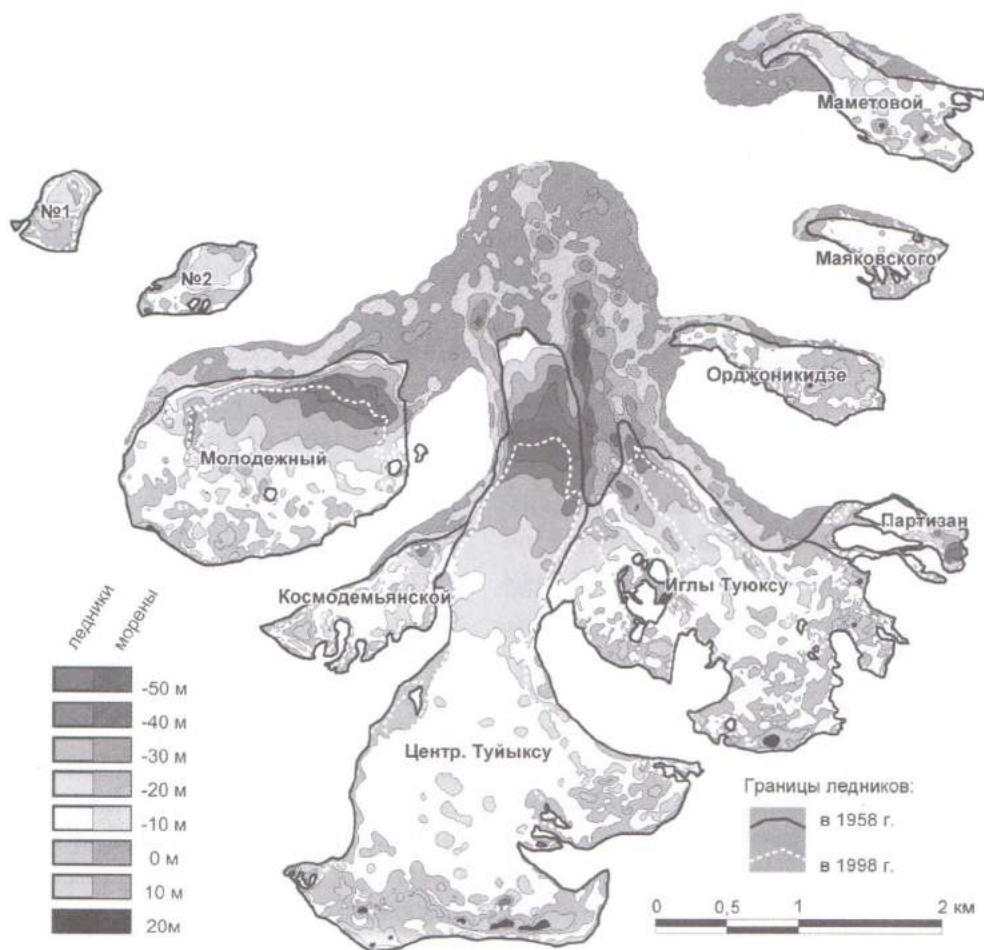


Рис. 5. Изменения высоты поверхности ледников и моренного комплекса по материалам фотограмметрических съемок горноледникового бассейна Туйюксу в 1958 и 1998 гг.

рассчитанных по формулам (2), (4), (6) объемов погребенного льда ( $0,05681 \text{ км}^3$ ) на период первой фотограмметрической съемки 1958 г. Таким образом, вытаивание погребенных льдов в моренных комплексах в первом приближении составляет  $0,86\%$  в год. Так как горноледниковый комплекс Туйюксу составляют разные ледники по морфологическому типу, то мы сочли возможным принять данную поправку без учета морфологических типов ледников.

Имея скорость деградации объема погребенного льда за 40 лет, мы рассчитываем изменения объема льда за 44 года (1956–2000). Для этого к объему изменившегося за этот период льда под моренами с площадью на 1965 г. необходимо прибавить изменения приращения объемов между реперными годами. Для объема погребенного льда на 2000 г. мы получили следующую формулу:

$$V_{2000} = V_{56} \left( 1 - \frac{P \times 44}{100} \right) + \Delta V_{(V'72-V'56)} \left( 1 - \frac{P \times 28}{100} \right) + \Delta V_{(V'90-V'72)} \left( 1 - \frac{P \times 10}{100} \right) + \Delta V_{(V'2000-V'90)} \left( 1 - \frac{P \times 5}{100} \right), \quad (9)$$

где  $V_{56}$  – объем погребенного льда на 1956 г.;  $\Delta V_{(V'72-V'56)}$  – приращение объема (изменение объема за период);  $P$  – скорость деградации объема погребенного льда (в нашем случае –  $0,86\%$  в год); 44, 28, 10, 5 – периоды времени, в течение которого происходит деградация данного объема погребенного льда.

Таким образом, на 2000 г. в Южном Жетысуском Алатау объем погребенного льда  $V_{2000} = 1,25278 \text{ км}^3$ , что на  $21\%$  меньше объема погребенного льда, рассчитанного по формулам (2), (4), (6), (8). Результаты пересчета объема погребенного льда:



Таблица 4. Изменение объема погребенного льда за 1956–1972–1990–2000 гг.

Показатели	1956 г.	1972 г.	1990 г.	2000 г.
Объем льда по каталогам, км <sup>3</sup>	0,97	1,10	1,17	1,59
Объем льда с учетом поправки, км <sup>3</sup>	0,97	0,79	0,86	1,25

бенного льда в ледниковых комплексах Южного Жетысуского Алатау представлены в табл. 4.

В табл. 5 и на рис. 6 представлены сведения об объеме ледников за реперные годы и скорости изменения объема оледенения за исследуемый период.

Таким образом, объем оледенения Южного Жетысуского Алатау в целом за 44 года (1956–2000) уменьшился на 45 %, теряя в среднем

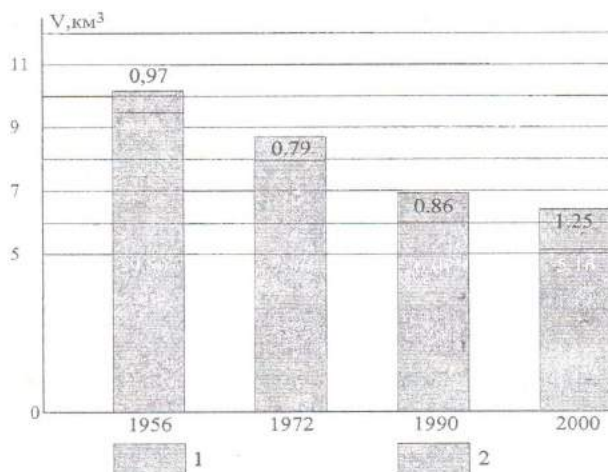


Рис. 6. Изменения объемов и темпы деградации оледенения Южного Жетысуского Алатау: 1 – чистый лед; 2 – погребенный лед

Некоторые несоответствия темпов деградации площадей и объемов оледенения связаны с тем, что наиболее интенсивно уменьшаются и исчезают плоские мелкие ледники, своим количеством изменяющие темпы деградации площадей, тогда как крупные ледники, имеющие наибольшие запасы льда, менее подвержены деградации. Так, ледники Южного Жетысуского Алатау площадью больше 1 км<sup>2</sup> за десять лет (1990–2000 гг.) в целом потеряли лишь 3,4% своей площади, или 0,34% в год, за этот период.

ЛИТЕРАТУРА

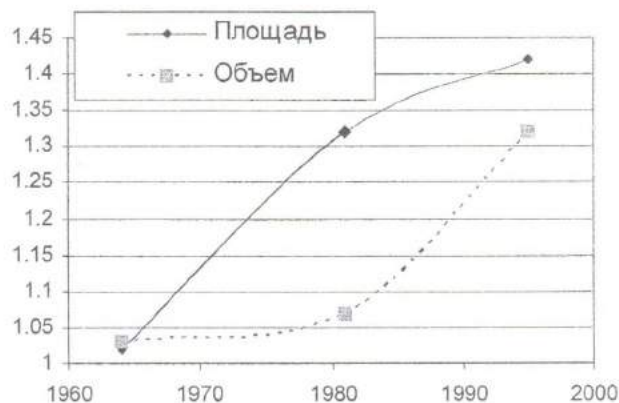
1. Лурье И.К., Косиков А.Г., Ушакова Л.А., Карпович Л.Л., Любимцева М.Ю., Тутубалина О.В. Компьютерный практикум по цифровой обработке изображений и созданию ГИС: (Дистанционное зондирование и географические информационные системы). М., 2004. 174 с.

Таблица 5. Скорость изменения объема оледенения Южного Жетысуского Алатау

Показатели	1956 г.	1972 г.	1990 г.	2000 г.
Объем, км <sup>3</sup>	9,50	7,96	6,07	5,16
Период	1956-1972	1972-1990	1990-2000	1956-2000
Изменение, км <sup>3</sup>	-1,489	-1,885	-0,865	-4,34
Деградация, км <sup>3</sup> /год	-0,09	-0,11	-0,09	-0,10
Изменение, %	-15,5	-23,7	-14,2	-45,4
Деградация, %/год	-1,02	-1,32	-1,42	-1,03

около 1 % в год. Изменения объема оледенения представлены на рис. 6.

Объем льда в целом (с учетом мелких ледников) уменьшился за 10 лет (с 1990 по 2000 г.) на 0,6 км<sup>3</sup>, или на 9,8%, что составляет темп деградации 0,98% в год.



2. Черкасов П.А. Каталог ледников СССР. Т. 13, вып. 2, ч. 4. Бассейны рек Хоргоса, Усека. Л.: Гидрометеоздат, 1975. 77 с.

3. Руководство по составлению каталога ледников СССР. Л., 1966. 154 с.

4. Кокарев А.Л., Шестерова И.Н. Деградация оледенения Жетысу (Джунгарского) Алатау (бассейны рек Коргаса, Осека) в период с 1956 по 1990 год // География в современном мире: теория и практика (мат. межд. н.-п. конф.). Ташкент, 2006. С. 308-310.

5. Черкасов П.А. Расчет составляющих вводно-ледового баланса внетриконтинентальной ледниковой системы, Алматы, 2004. 334 с.

6. Gletschergebiet Tujuksu, Sailiski Alatau. M 1:10 000. Institut für Kartographie T.H. Dresden. – VEB Hermann Haack, 1961.

7. Eder K., Geiss N., Rentsch H., Kokarev A., Uvarov V. Surveying and mapping of the Tujuksu Glacier Region, Kazakhstan, 1:10,000. – IUGG(CCS) – UNEP – UNESCO. Fluctuations of Glaciers 1995–2000. V. VIII. World Glacier Monitoring Service. Zurich, 2005. P. 72-73.

УДК 551.8

H. SCHRÖDER, N. PIMANKINA

## STUDY OF THE ANCIENT ECOLOGICAL CONDITIONS BY DIFFERENT METHODS

*Плейстоцендік шөгінділерді зерттеулердің қазіргі кездегі негізгі әдістері қаралды. Лесс шөгінділері үлгілерінің мысалында География институтында пайдаланылық жүрген кейбір әдістері көрсетілді (Гумбольдт атындағы университет, Берлин қ-сы).*

*Рассматриваются основные современные методы исследований плейстоценовых отложений. На примере образцов лёссовых отложений продемонстрированы некоторые методы, используемые в Институте географии Университета им. Гумбольдта, г. Берлин.*

*In the article the main present-day methods of study of the Pleistocene deposits are considered. On the example of loessic sediments some methods of analyze existing in the Institute of Geography (Humboldt University, Berlin), are demonstrated.*

*Introduction.* Contemporary global climate warming is not unique in a history of the Earth. Many glaciological problems connected to climate changes - glaciers melting, rise of the sea and lakes level, flooding of vast areas, catastrophic high waters and mudflows, - repeatedly arose in the past. In rather short time interval, in the Pleistocene, there were sharp changes of physico-geographical conditions which were expressed in the changes in climate, relief, accumulation of sediments, hydrological conditions, landscapes, biogeocoenosis. The numerous facts testify, that strong and frequent fluctuations of climate - specific feature of the Pleistocene. So, it is considered, that fast degradation of glaciation of Central Asia in the Holocene and changes in atmospheric circulation have led to sharp xerothermization of climate and fast destruction of the last populations of oak, pine, linden, alder, beech and many other species which are absent now in the flora of the region [1]. Besides that, as G.I.Goretsky [2] wrote, «Anthropogenic period has one distinctive feature: it is *geological contemporaneity*. Geological and geographical processes in the Anthropogenic period are closely bound, pass simultaneously, and interconnected; they can be observed, checked or even managed». Many geological\geographical events - formation of the river terraces, moraines, fluvioglacial deposits, sands, loessic formation, buried soils, etc. are determined significantly by the events and processes occurred in the Pleistocene and Holocene.

Modern high-mountainous relief of the Zailiisky Ala Tau ridge was formed by the activity of the Pleistocene glaciers. Traces of ancient glaciations were kept well as trough valleys, rock steps, kars,

and moraines with dammed lakes. Study of glacial and periglacial deposits of the ridge - one of the actual research problems of fluctuation of glaciers in connection with global climate warming and problems of evaluation of natural hazards intensity.

The information about modern (some decades) fluctuations of mass-balance of the Tuyuksu Glacier comes every year, however problems of reconstruction of glaciation in mountain areas of Kazakhstan are developed insufficiently. One of the reasons is the absence of reliable geochronological basis, insufficient complex study and dating of deposits. Several assumptions on a history of glaciation are based on the geological/geomorphological studies. On the basis of numerous field surveys the conclusions about plurality of glaciations were made, sediments of different genesis and available palaeofaunistic findings were described, and the role of geological formations (proluvium, loesses etc.) as indicators of palaeoclimates were considered. In one of the most recent publications the general scheme of the development of glaciation in mountains of Kazakhstan in the Pleistocene was given by P. I. Cherkasov [3]. He proposed assumptions on the correlation of the events in the Altai, Caucasus, in the Alps and in Zailiisky and Dzhungarian Ala Tau. However, the age and borders of glaciations were proved insufficiently, so, recognition of separate stages of glaciation, comparison of glacial horizons between adjacent ridges and valleys, revealing of moraines and interglacial deposits, and also an estimation of the changes in environment require big amount of actual information. The author suggested, that in the Pleistocene in the mountains of Kazakhstan there were, at least,



three glacial phases. However, research of functioning of glaciosphere in the past and reconstruction of palaeoclimates and palaeoecological conditions require different complex methods and proper interpretation of the results. This position was often emphasized in the special literature and means, that «different methods in a complex give not only the arithmetic sum of knowledge, but also control each other» [4].

*Methods of study of Pleistocene deposits.* At present the set of various analytical methods - lythological, geochemical, biological, etc. can be used in a course of integrated analysis of the latest deposits, with the tendency of increase in their amount.

Necessary condition of modern studies of deposits is radiocarbon dating. Determination of activity of an isotope  $^{14}\text{C}$  in various carbonic materials (soil, peat and marsh deposits, wood, coal, bones, carbonates, etc.) is often applied in a course of the study of the factors and mechanisms of stability of geosystems, for the decision of questions of evolution of climate and landscapes, for the development of a chronological scale of the Pleistocene and Holocene. The radiocarbon method is widely used in archeology, both for the reconstruction of ancient environment, and for the definition of time borders of existence of different cultures and ancient settlements.

Thermoluminescence analysis is applied at the dating of siliceous materials, including ancient ceramics. For getting reliable and exact results of absolute dating the certain rules of sampling and their subsequent processing should be kept. At present, different benchmarking curves and computer benchmarking programs, allowing to establish exact calendar age of the samples under research, were developed. Big  $^{14}\text{C}$ -laboratories (for example, in Zurich) carry out thousands analyses every year. However, proper interpretation of the age of the objects requires integrated studies of environment using other methods.

The important stage of palaeoecological reconstructions are paleobotanical and paleozoological researches. Now carpological, spore-pollen, diatoms and other methods have actively used. Traditionally teriological, ornithological, ichthyological, malakological methods were applied for the sediment stratigraphy. At the present stage of researches the summarizing and analysis of paleobiological materials are impossible without use of computer facilities. For the last 10-15 years digital databases which include data on fauna and flora, geographical/geological position of the sites of findings, their absolute and relative

datings, were created. Then materials which are available in electronic forms, can be processed with cartographical programs, for example, ARC/INFO. Using this program, it is possible to compile maps of paleofindings during the different time periods, and to reveal dynamics of natural habitats in time and space, to determine features of geographical position of biological complexes. The data of spore-pollen analyses put into a database with the program Access, then the palinological spectra can be drawn with the program Corel Draw; the data sent to the Internet enables the broad audience of researchers to use the data for synchronization of materials (the reference to authors is obligatory).

Soil - lythological methods include granulometric, mineralogical, petrographic, microscopic methods. Through bulk analysis the general chemical composition of macroelements can be determined, also microelements, humus content, amount of carbonates, salts (water extract), phosphorus, pH (a parameter of acidity or alkalinity of soils), can be evaluated. Results of analyses are applied to reconstruction of natural conditions during formation of soils and sediments, for example, for the assessment of the ratio between atmospheric precipitation and evaporation.

*The analysis of loessic deposits from the foothills of the Zailiiskiy Ala Tau.* Physical and mechanical properties of morainic deposits, loessic loams, alluvial-proluvial and mudflow deposits of the Zailiiskiy and Dzhungarian Ala Tau were studied in the past in the laboratories of the Institute of Geological Sciences NAS RK [5-8]. First of all - from the point of view of their role in formation of mudflows. At the same time the number of the absolute datings, data of spore-pollen analysis, dendrochronological and lichenometrical measurements, and another kinds of analyses are insufficient. Available paleontological and archeological data characterize too big intervals of time and have no exact time reference. Questions of stratigraphy and correlation of deposits, comparison of events in mountains and plains, features of loess accumulation and peculiarities of periglacial phenomena were developed insufficiently. For the decision of the specified problems and for the reconstruction of palaeoclimates, palaeolandscapes, depths of freezing, intensity of dangerous processes etc. a complex of special field and analytical works, detailed study of the key profiles are required. Researchers [4] point to the unreasonableness of application of the entire arsenal of analyses to each profile because



not all methods are effective for different genetic formations, and it is possible to apply the specific set of methods to each complex of deposits.

We had made an attempt to apply results of the different methods of researches to the reconstruction palaeoecological conditions of sediments accumulation in particular area of the Zailiiskiy Ala Tau. All necessary preparatory works, processing, measurements and, further, computer presentation as the charts and tables, were made in the Geomorphologisch-Bodenchemische Laboratory, Institute of Geography at the Humboldt University, Berlin. The Laboratory was equipped well under supervision of Professor Dr. H. Schröder, Head of the Chair of Geomorphology, Soil Geography and Quaternary Research. At present the Laboratory is managed by Dr. A. Martin. The main equipment includes: installations for TL\OSL analyses, AAS- and ICP-spectroscopy, laser- and Roentgen diffractometry, rotators and centrifuges, vibration sieves, schlieff masnines, electronic microscopes, and apparatuses and chemicals for soil-geochemical analyses. All analyses were made in June-July, 2007, under guidance of the staff of the Laboratory: Mrs. R. Czepluch, A. Körle, and Mr. K. Hartmann.

Samples were obtained from a borehole at Beskainar village (Talgarsky region). The area of sampling is located in the lowlands of the Zailiiskiy Ala Tau. The borehole of 10 m depth was drilled in loams (loesses?). Absolute elevation of the borehole is 1400 m. Samples were obtained from the depths 4,0; 5,0; 7,0; 7,5 and 8,0 m.

The description of the layers is given below.

4,0 m - loam gray-brown, wet, with numerous inclusions of small shells and fragments of Mollusca *Bradybaena*, *Pupilla*, *Succinea*, *Sewertzowia*, *Vallonia*, *Piramidula* (Fig. 1).

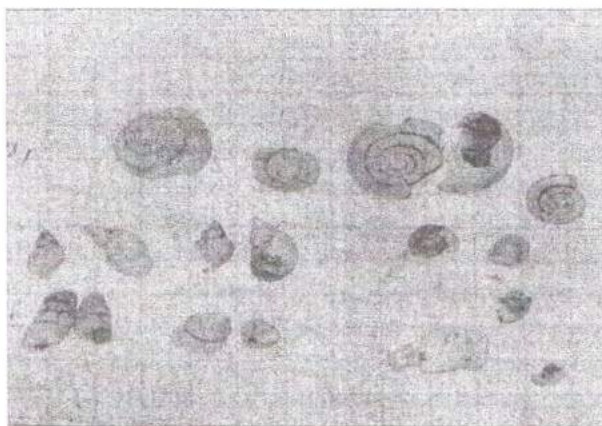


Fig. 1. Shells of mollusks from the layer 4,0 m

5,0 - loam gray-brown, wet, with sand, with inclusion of the rests of vegetation (roots of reed), shells of molluscs (whole and fragments *Bradybaena*, *Pupilla*, *Sewertzowia*).

7,0 m - loam gray-brown, weakly wet, with very rare inclusions of the shells *Pupilla*.

7,5 m - loam gray-brown, wet, with thin bedding, with low sand, with inclusion of big well kept shells of molluscs *Bradybaena*, *Succinea*.

8,0 m - loam gray-brown, weakly wet, dense, with thin carbonatic layers, with inclusion of fragments of shells *Bradybaena* and small shells *Pupilla*, *Sewertzowia*.

An attempt to determine age of deposits by thermoluminescence analysis was unsuccessful because of incorrect sampling. Granulometric composition was determined with the installation Fritsch-Fotosedimentograph (amplitude, time of processing, etc., can be set).

The analysis of silt fraction (the size of particles <0,001 mm) were made with laser diffractometer «Coulter». Results of determination are presented as charts (Fig. 2). The main size of particles varies from 0,002 to 0,100 mm. The biggest content of fine-grained sand is in the samples obtained from the depth of 5,0 m, at the average diameter of particles 0,032 mm, and the less content is in the sample from 8,0 m. The content of silt fractions (< 0,001 mm) is the biggest in the sample from 8,0 m. The analysis of integrated curves of granulometric composition shows, that sediments are rather homogeneous.

The mineralogical composition of sediments was determined in the past with the Roentgen-diffractometer in the IGS laboratory of the NAS RK [8]. The composition of the most of the samples was rather homogeneous and was presented by different ratio of chlorite and hydromicas.

In loessic loams the whole shells and fragments of shells of molluscs were found. By our definitions, all of them concern to ground molluscs of the class *Gastropoda* [9]. The most abundant family is *Bradybaenidae* – genus *Bradybaena*, *Lauria* (*Vallonia* sp.), *Pupoides* (*Pupilla* sp.), *Pyramidula*; family *Zonitidae*, genus *Discus* (*Succinea*, *Novisuccinea*). Determination of species has not been completed yet. More careful definition of species will allow to establish the groups typical for loessic fauna, and to determine cryophil, mezophil, xerophil groups. At present, representatives of the specified abundant clans live in forest-meadow, semidesert, steppe associations, many of them live on rocks and stony





LS Partikelgrößenmessgerät

Seite 1

25 Jul 2007 13:47

LS

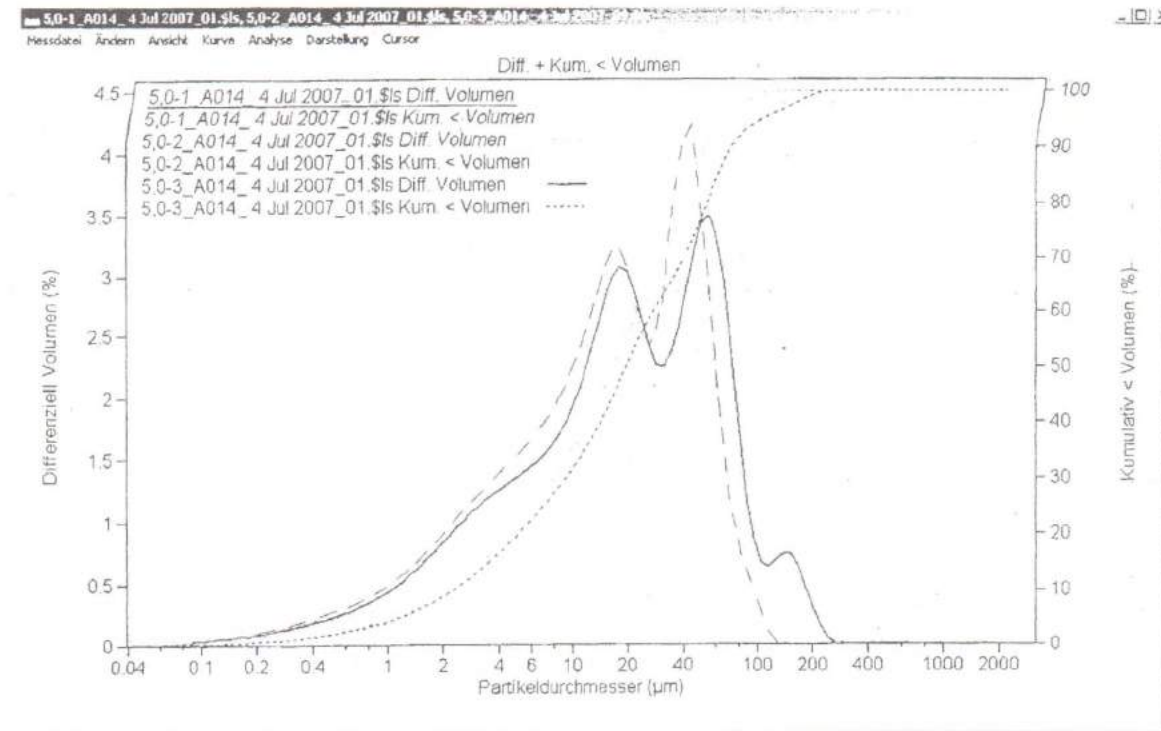


Fig. 2. Differential and cumulative curves of granulometric composition of loessic loams, sample from 5,0 m

taluses. In mountains there can be found cryomezoxerophils – cold-loving, highly dryness-resistant molluscs. On rocks of nival belt species *Novisuccinea* can live.

An analysis of the specific structure of molluscs has made it possible to reconstruct both qualitative, and quantity indicators: restoration of palaeotemperatures and annual amount of precipitation is possible. Also it is possible to assess habitats: for sites with rich grass vegetation, bushes and tugai, for cold creeks, running from under snow fields, for rocks and taluses their own typical groups of molluscs are characteristic. The samples obtained from the depths 5,0; 7,5 and 8,0 m, were prepared for the spore-pollen analysis. However, studying with the electronic microscope shown, that samples were «empty», that is rather typical for loessic deposits.

Judging by the sediments composition and fossil findings, deposits were accumulated mainly in subaerial conditions, probably, there were quiet shallow water-flows with coastal reed-fields. The

most dynamical conditions of accumulation were, apparently, during accumulation of a layer 5,0 m - the higher content of sand testifies. Good conservation of thin-walled large shells of hygrophils in a layer of 7,5 m, the small contents of sand and higher contents of the silt fractions give representation about accumulation in quiet conditions of high humidity.

Determination of the pH values of the deposits show the values 7,77; 7,75 and 7,74 respectively, i.e. deposits are weakly alkaline.

Determination of the contents of  $CaCO_3$  pointed to their reduction downwards on a profile: 12 % in a layer 5,0 m; 11,34 % in a layer 7,5 m, and 7,41 % in a layer 8,0 m. The natural carbonates initially contained in loams and loesses, depending on humidity of climate and acidity of soil solutions, gradually leached out and quite often form concretions and others calcareous allocation downward the profile. In this case, in a layer 8,0 m calcareous threads were formed, the shells were destroyed and only small ones with thick walls were kept.

The contents of organic substances varies downward the profile insignificantly and makes 1,32%; 1,30% and 1,39% respectively.

By some reasons it was not possible to carry out sampling from the deposits of different genesis from the different altitudinal zones. It is far from being all methods of researches were applied for studying physical, chemical and mineralogical properties of deposits.

*Brief conclusions.* If to accept, that the intensity of accumulation of deposits makes 1mm per one year [4], it is possible to say, that for the period of 10 thousand years (Ps2? Ps3?) the 10-meter thick loessic loams in foothills of the Zailiiskiy Ala Tau were accumulated in conditions, similar to present-day ones. Available data do not testify sharp changes in the physical-geographical conditions of accumulation. More detailed study of geological profiles by different analytical methods will help to determine absolute age of the deposits, to assess fluctuations in paleoclimats, and the changes of arid and pluvial epoch, etc.

#### Acknowledgements

Authors express acknowledgements to Dr. A. Martin, Dr. A. Godicke, Mrs. R. Czepluch, A. Korle, and Mr. K. Hartmann for their help in analyzing samples from Kazakhstan.

#### BIBLIOGRAPHY

1. *Agakhananz O.A.* Changes in the atmospheric circulation and degradation of tree vegetation in mountains of Central Asia at the edge of the Late Pleistocene and Early Holocene // Development of environment of the USSR in the Late Pleistocene and Holocene. Moscow: Science, 1982. P. 118-123.
2. *Goretzky G.I.* Anthropogen - past, present, future of the Earth and humans in its inseparable connection // Stratigraphy and paleogeography of the Anthropogene. Moscow: Science, 1982. P. 8-16.
3. *Cherkasov P.A.* Evolution of mountain glacialization in Quaternary period // Vestnik KazGU. Ser. geogr. 2000. N 2(11). P. 3-15.
4. *Svitoch A.A.* Quaternary research. Palaeogeography. Marine Pleistocene. Salt tectonics. Moscow: RASHN, 2002. 650 p.
5. *Vardugin V.N.* Granulometric composition of loosen grounds in mudflow sites and on fans // Mudflows. 1977. N 2. P. 94-107.
6. *Vardugin V.N.* Composition and features of loosen grounds and their role in formation of mudflows. Alma-Ata: Nauka, 1987. 29 p.
7. *Kolotilin N.F., Bochkarev V.P., Antonenko E.M., Novitzky S.A.* Engineering-geological conditions of pre-mountain zone of the Zailiisky Alatau. Alma-Ata: Nauka, 1967. 140 p.
8. *Medeuov A.R., Nurlanov M.T.* Mudflow events in seismic territories of Kazakhstan. Almaty: Karjy-Karajat, 1996. 204 p.
9. *Uvalieva K.K.* Land mollusks of Kazakhstan and adjoining territories. Alma-Ata: Nauka, 1990. 223 p.



УДК 551.32

Т. Г. ТОКМАГАМБЕТОВ

**ДИНАМИКА ОЛЕДЕНЕНИЯ ГОР ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

*Орталық Азия тауларына аэрофототүсіру мен ғарыштық түсірудің материалдары бойынша мұзбасу ауданының өзгеруіне талдау жасалды. Бұл түсірулердің негізінде мұздықтардың морфологиялық көрсеткіштері өзгеруінің беталысы айқындалды. Осы аудандағы мұзбасудың құлдырауы қарқынның бәсеңдеуі және 2000–2005 жылдар бойынша мұздықтардың каталогын жасаудың қажеттілігі туралы қырытынды жасалды.*

*Для гор Центральной Азии дан анализ изменения площади оледенения по материалам аэрофотосъемки и данным космической съемки. На основе этих съемок выявлены тенденции изменения морфометрических показателей ледников. Сделан вывод о замедлении темпов деградации оледенения этого района и необходимости составления каталогов ледников по состоянию на 2000–2005 гг.*

*The changes in the area of glaciation of Central Asia were analyzed on the data of air photographs and space images. Tendencies of the changes in morphometric parameters of glaciers are revealed on the basis of these shootings. The conclusion about retardation of the rates of degradation of glaciation of this area is drawn, and need of compiling of new catalogue of glaciers by 2000–2005 is shown.*

Исследования в различных горных районах Центральной Азии показывают, что площади ледников в этих районах сокращались примерно с одинаковой скоростью – около 0,8% в год [1].

Анализ последних публикаций говорит о том, что повторяемость развития и отмирания ледников последней стадии оледенения имела не случайный характер, а подчинялась определенным ритмически сменяющимся физико-географическим факторам.

Первый подсчет общей площади оледенения Средней Азии был проведен в 1927 г. Р. Л. Корженевским [2]. Он подсчитал, что здесь (без Памира, Таласского Алатау и части Алайского хребта) ледники покрывают 8987 км<sup>2</sup> территории. В 1930 г. он же обобщил все сведения, известные о ледниках Средней Азии, в каталоге, насчитывающем 1223 ледника [3]. В 1937 г. С. В. Калесником была составлена первая сводка по ледникам горных районов СССР, в которой он дополнил данные Н. Л. Корженевского материалами работ, выполненных в период 2-го Международного полярного года, и подсчитал общую площадь оледенения Средней Азии. По его данным, она составляла 11 000 км<sup>2</sup> [4].

Полевые исследования и картографические работы в 1950-х годах внесли существенные изменения в эти данные. Они показали, что общее число ледников Средней Азии гораздо больше. При составлении каталога ледников Памира Р. Д. Забириным [5] было установлено, что только на Памире, включая в него Ба-

дахшан и собственно Памир, насчитывается 1085 ледников длиной свыше 1,5 км, а при учете каровых и прочих мелких ледников общее число ледников Памира достигает величины, значительно превышающей число ледников, указанных ранее для всей Средней Азии. Подсчет Р. Д. Забириным показал, что она равна 8041 км<sup>2</sup> [5].

Полученные за это время данные по изучению ряда других районов также указывали на большое количество еще не учтенных ледников. Так, Г. А. Авсюк на хр. Акшийрак насчитал не 29 ледников, как указывалось в литературе до его исследования, а 59 [6].

В 1958 г. Р. Д. Забиринов [7] определил площадь оледенения Средней Азии. По его данным она составляла 16 768 км<sup>2</sup>. Следует отметить, что в таблице, приведенной в его работе и характеризующей площади оледенения отдельных хребтов, совсем отсутствуют хребты Туркестанский, Пскемский, Чаткальский и др.

В 1963 г. подсчет площади оледенения Средней Азии был проведен С. В. Калесником. С учетом этих данных площадь оледенения Тянь-Шаня составила 8474 км<sup>2</sup> [8]. По данным С. В. Калесника [8], площадь оледенения Средней Азии в целом составила 16 795 км<sup>2</sup>, по данным Р. Д. Забиринова – 15 000 км<sup>2</sup> [9].

Детальные исследования в последующие годы значительно уточнили представления о площади оледенения отдельных районов, таких, как бассейны рек Сельдары, Аксу, Чаткал, Ходжа-

бакирган, хребта Кичик-Алай, Киргизского Ала-тау, Кунгей-Алатау, Карамойнок и др.

Из материалов по оледенению на тот период времени следует, что площадь оледенения Тянь-Шаня равнялась 7708 км<sup>2</sup>, Гиссаро-Алая (без восточной части южного склона Алайского хребта) – 1682 км<sup>2</sup>, Памира – 8302 км<sup>2</sup> [10].

По данным на 1980 г., полученным по материалам космофотосъемки, на Памиро-Алае имелось 11 915 ледников суммарной площадью 8620 км<sup>2</sup> [11]. Из них 11,5% ледников общей площадью 660 км<sup>2</sup> принадлежало водосборам бассейна Сырдарии, 10,3% (573 км<sup>2</sup>) – бассейну Зеравшана, 74,5% (6898 км<sup>2</sup>) – бассейну Амурдарии, 2,5% (317 км<sup>2</sup>) – рекам, несущим воду в Китай (Кок-Суу, Кызыл-Суу, Восточная и Маркансу), и 1,2% (172 км<sup>2</sup>) – бассейну бессточного оз. Караколь на Памире [11].

По состоянию на 1957 г. на Гиссаро-Алае было зарегистрировано 4287 ледников общей площадью 2183,54 км<sup>2</sup>. В табл. 1 приведены сведения о площади ледников в частных бассейнах на 1957 и 1980 гг. Суммарная площадь оледенения Гиссаро-Алая за этот период сократилась на 15,6%, т.е. уменьшение происходило со скоростью около 0,65% в год.

К 1980 г. на Гиссаро-Алае исчезло 323 ледника общей площадью 20,33 км<sup>2</sup>, или соответственно 7,5 и 0,9% от первоначального количества и суммарной площади ледников.

Памирское оледенение также претерпело деградацию за 1957–1980 гг. За исключением бассейна р. Маркансу площадь ледников сократилась во всех речных бассейнах. В целом по

Таблица 1. Изменение площади оледенения в бассейнах Гиссаро-Алая за 1957–1980 гг. [11]

Бассейн реки	Площадь оледенения, км <sup>2</sup>		Изменение	
	1957 г.	1980 г.	км <sup>2</sup>	%
Янгиарик	0,25	0,21	-0,04	-16,0
Ак-Суу	16,29	14,14	-4,15	-25,5
Исфана	0,33	0,28	-0,05	-15,2
Ходжабекинджор	42,36	37,46	-4,90	-11,6
Исфара	129,74	125,05	-4,69	-3,6
Каракол	0,15	0,12	-0,03	-20,0
Карабулак	0,13	0,10	-0,03	-23,1
Сох	279,31	244,11	-35,20	-12,6
Шахмардан	39,46	30,14	-9,32	-23,6
Исфайрам-Сай	88,59	66,52	-22,05	-24,9
Араван-Сай	57,95	50,02	-7,93	-13,7
Ак-Буура	85,18	63,51	-21,67	-25,4
Куршаб	16,36	9,45	-6,91	-42,2
Тар	23,39	20,57	-2,82	-12,1
Зеравшан	504,77	437,88	-66,89	-13,3
Фандарья	133,38	100,72	-32,65	-24,5
Левые притоки				
Зеравшана	42,96	34,80	-8,16	-19,0
Кашкадарья	18,15	15,51	-2,64	-14,5
Сурхандарья	70,25	59,20	-11,05	-15,7
Кафирниган	111,53	83,85	-27,68	-24,8
Правые притоки				
Сурхоба	386,23	341,63	-44,60	-11,5
Правые притоки				
Кызыл-Суу Зап.	114,02	94,78	-19,32	-16,9
Кок-Суу	22,76	13,87	-8,89	-39,1
Итого	2183,54	1841,92	-341,67	-15,6

Памиру площадь оледенения за 1957–1980 гг. уменьшилась на 10,5% (табл. 2). Всего на Памире исчезло 758 ледников.

Таблица 2. Изменение площади оледенения Памира за 1957–1980 гг. [11]

Бассейн реки	Годы	Площадь ледников, км <sup>2</sup>		Изменение площади	
		в начале	в конце	км <sup>2</sup>	%
Кызыл-Суу Восточная	1966-1980	145,04	131,52	-13,52	-9,3
Лев. притоки Кызыл-Суу Западной	1966-1980	526,87	486,38	-40,49	-7,7
Маркансу	1966-1980	171,01	171,84	0,83	0,5
Оз. Караколь	1966-1980	395,47	381,88	-13,59	-3,4
Муксу	1966-1980	1271,96	1239,06	-32,90	-2,6
Сельдара, система л. Федченко	1957-1980	753,31	748,43	-4,88	-0,6
Обихингоу	1957-1980	806,74	705,11	-101,63	-12,6
Притоки Пянджа 1	1957-1980	23,47	19,93	-3,54	-15,1
Ванч	1957-1980	343,67	291,55	-52,12	-15,2
Язгулем	1957-1980	330,79	262,74	-68,05	-20,6
Бартанг	1966-1980	1082,84	931,89	-150,95	-13,9
Мургаб	1966-1980	470,80	387,13	-83,67	-17,8
Притоки Пянджа 2	1654-1980	44,97	39,21	-5,76	-12,8
Гунт	1957-1980	534,84	441,10	-93,74	-17,5
Шахдара	1957-1980	215,89	166,73	-49,16	-22,8
Притоки Пянджа 3	1947-1980	244,16	183,96	-60,20	-24,7
Всего		7361,83	6588,46	-773,37	-10,5



В 1999 г. была запущена орбитальная платформа Terra, предназначенная для мониторинга из космоса различных природных объектов на поверхности Земли и, в частности, ледников. Узбекскими коллегами была проведена тематическая обработка ряда снимков некоторых бассейнов Гиссаро-Алая за вторую половину августа 2001 и 2002 гг. [12]. Конец августа – середина сентября – это окончание периода абляции. Предыдущие данные об оледенении этого района получе-

ны А. С. Щетинниковым [11] по состоянию на 1957 и 1980 гг. по данным аэрофотосъемок (1957 г.) и аналоговых космических снимков (1980 г.).

На 2001 г. суммарная площадь ледников некоторых районов Гиссаро-Алая (бассейны рек Шахимардан, Сох, Исфара, а также системы Зеравшанского ледника) составила 482,53 км<sup>2</sup> [12]. В 1957 и 1980 гг. суммарная площадь ледников в указанных бассейнах была соответственно 572,03 и 511,44 км<sup>2</sup> [11]. В табл. 3 приведены суммарные

Таблица 3. Площадь ледников и темпы изменения оледенения некоторых бассейнов Гиссаро-Алая за 1957–2001 гг. [12]

Бассейн	Площадь ледников, км <sup>2</sup>			Ср. годовые темпы деградации оледенения, %	
	1957	1980	2001	1957-1980	1980-2001
Шахимардан	39,46	30,14	28,19	1,03	0,31
Сох	246,26	214,63	198,25	0,56	0,36
Исфара	129,74	125,05	120,99	0,16	0,15
Система Зеравшанского ледника	156,57	141,62	135,10	0,42	0,22
Итого	572,03	511,44	482,53	0,46	0,27

площади оледенения по состоянию на 1957, 1980 и 2001 гг. по каждому из бассейнов и данные о средних годовых темпах деградации оледенения за период между съемками.

Сокращение ледников Тянь-Шаня началось с середины–конца прошлого столетия [13]. С тех пор интенсивность деградации не только не снизилась, но даже увеличилась. Происходит активное сокращение как объемов, так и линейных размеров, фиксируются нередкие случаи их полного исчезновения, особенно на хребтах с максимальными отметками 4000–4200 м. В среднем за год долинные ледники отступают на 7–13,1 м, но одновременно идет и их уплощение, о чем свидетельствуют данные по балансу массы и понижение поверхности ледников относительно высоты боковых морен. Поверхность типичного для оледенения Тянь-Шаня ледника Кара-Баткак в районе отметки 3400 м с 1957 по 1995 г. понизилась на 16,9 м [13]. Величина значительная, если учесть, что к началу наблюдений толщина ледника в этой части составляла 49 м. Подобный процесс свойствен и крупнейшему леднику Тянь-Шаня – леднику Энилчек: его поверхность в районе слияния с ледником Звездочка (4200 м) понизилась с 1943 по 1993 г. на 100 м [13].

Темпы сокращения оледенения увеличиваются в результате потепления климата. По многочисленным проработкам температура Северного

полушария должна повыситься на 3–5 °С к 2050 г. Инструментально потепление фиксируется с начала 60-х годов. Несмотря на глобальный характер, интенсивность потепления не везде одинакова. Повышение температуры воздуха происходит на Тянь-Шане с проявлением пространственных и внутригодовых особенностей. Максимальное потепление на 0,6 °С отмечено в среднегорной зоне Внутреннего Тянь-Шаня, минимальное на 0,2 °С – в высокогорной [14]. В сезонном ходе наибольшее потепление затронуло зимне-весенние месяцы (1,1–0,8 °С) и в меньшей степени июль: в высокогорной зоне всего 0,1 °С. Для оледенения Тянь-Шаня наибольший отрицательный эффект в данной ситуации окажет заметное потепление в весенние и осенние месяцы. Повышение температуры в это время на 0,5 °С вызывает увеличение периода таяния на 30–40 дней [14], что ведет к существенному увеличению расходной части баланса массы ледника и ускорению деградации оледенения. Были выполнены расчеты вероятного изменения размеров оледенения в различных регионах Тянь-Шаня в случае сохранения тенденции потепления климата. Катастрофична она для южного склона хр. Кунгей Ала-Тоо и будет небольшой на северном склоне Киргизского хребта. Большая разница в размерах сокращения ледников выявляется и в бассейне р. Сары-Джаз, в котором

крупнейшая ледниковая система Тянь-Шаня – Северный и Южный Энилчек – при прогнозируемом потеплении сократится на 2,7%, а в бассейнах рек Учкуль и Койлю, характеризующихся развитием типичных ледников, – на 35,7 и 44,1% [14].

Последние оценки изменения оледенения Тянь-Шаня показывают, что за 1955–1995 гг. ледники потеряли 15% своей площади и 22% объема (по данным Дюргерова) [15]. В частности, сокращение площади оледенения хребта Акшыйрак между 1977 и 2001 гг. составило 26% по сравнению с 3–4% за 1943–1977 гг.

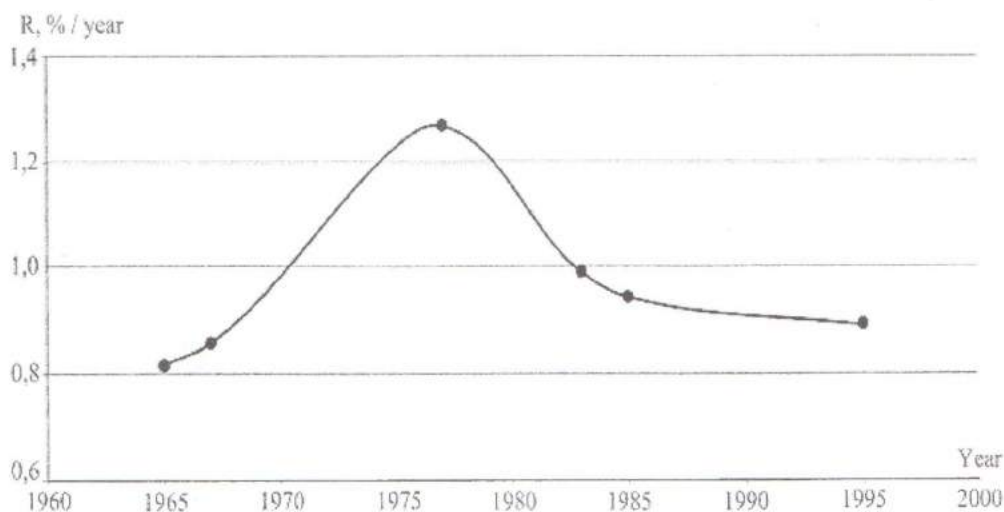
Для гор Юго-Восточного Казахстана (Жетысуский Алатау и Илейско-Кунгейская ледниковые системы) по материалам аэрофотосъемки и данным космической съемки составлены каталоги ледников по состоянию на 2000 г. за период с 1955 по 1999 г. Сравнительный анализ данных каталогов свидетельствует, что изменения оледенения данного района исследований вполне согласуются с типичным для гор Центральной Азии [16]. Результаты сравнительного анализа данных определений представлены в табл. 4 [17]. Здесь же приведены обобщенные результаты определений в двух вариантах.

Таблица 4. Изменение площади оледенения северного склона Илейского Алатау за 1955–1999 гг. [17].

№ п/п	Площадь оледенения, км <sup>2</sup>				Сокращение площади оледенения, км <sup>2</sup>					Среднегодовой темп сокращения площади оледенения, % за период						
	1955	1975	1979	1990	1955-1975	1955-1979	1975-1979	1975-1990	1979-1990	1955-1990	1955-1975	1955-1979	1975-1979	1975-1990	1979-1990	1955-1990
1	271,2	240,4	228,2	204,7	30,8	43,0	12,2	35,7	23,5	66,5	0,568	0,661	1,269	0,990	0,936	0,700
2	287,3	—	229,0	203,5	—	58,3	—	—	25,5	83,8	—	0,846	—	—	1,012	0,833
3	287,3	240,4	228,2	204,7	46,9	59,1	12,2	35,7	23,5	82,6	0,816	0,857	1,269	0,990	0,936	0,821

В первом варианте за исходную принята величина суммарной площади открытой части ледников, указанная в первом каталоге ледников (она определена по картам масштаба 1:100 000 [18]), во втором использована суммарная площадь открытой части ледников, уточненная на основе материалов аэрофотосъемки и топографических карт масштаба 1:25 000 [19]. Не трудно убедиться, что результаты определений площади оледе-

нения по состоянию на 1979 и 1990 гг. различаются всего на 0,3 и 4,1% соответственно. Как видно из табл. 4, скорость сокращения площади оледенения в течение всего рассматриваемого периода не оставалась постоянной (см. рис.), в середине 70-х были максимально высокие темпы деградации, к середине 1980-х они значительно уменьшились и продолжали сокращаться вплоть до 1999 г. [16].



Изменение темпов сокращения площади оледенения северного склона Илейского Алатау. Положение точек на поле графика отнесено к середине временного интервала, для которого рассчитан средний темп сокращения площади оледенения



Таким образом, можно предположить некоторое замедление приращения темпов деградации оледенения с середины 70-х – начала 80-х годов прошлого века. Но утверждать об устойчивой тенденции этого процесса пока рано, для этого необходимо составить каталог ледников по состоянию на 2000–2005 гг. [17].

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазырин Г.Е., Кодома Ю. Оценка изменения оледенения в переходном режиме при изменении климата // МГИ. 2003. Вып. 94. С. 212-215.
2. Корженевский Н.Л. Отчет о поездке на ледники рек Пскема, Таласа и Сусамыра в 1929 г. Ташкент, 1929. 56 с.
3. Корженевский Н.Л. Каталог ледников Средней Азии. Ташкент, 1930. 200 с.
4. Калесник С.В. Горные ледниковые районы СССР // Итоги работ ледниковых экспедиций 2-го МПГ, 1932–1933 гг. Л.; М.: Гидрометеоиздат, 1937. Вып. 3. 182 с.
5. Забиров Р.Д. Оледенение Памира. М., 1955. 372 с.
6. Авсюк Г.А. Некоторые данные об оледенении и орографии горного массива Акшийряк // Работы Тянь-Шаньской физ.геогр. станции. М.: Изд. АН СССР, 1952. Вып. 2.
7. Забиров Р.Д. Оледенение // Средняя Азия. М.: Изд. АН СССР, 1958.
8. Калесник С.В. Очерки гляциологии. М.: Географгиз, 1963. 551 с.
9. Забиров Р.Д. Опыт подсчета площади оледенения Киргизии // Труды Тянь-Шаньской высокогорной физ.геогр. станции. Фрунзе: Изд. АН КиргССР, 1962. Вып. 5.

10. Камалов Б.А., Алиев А. О площади оледенения Средней Азии // Труды СарНИГМИ, 1967. Вып. 30(45). С. 40-44.
11. Щетинников А.С. Морфология и режим ледников Памиро-Алая. Ташкент: САНИГМИ, 1998. 219 с.
12. Батыров Р.С., Яковлев А.В. Мониторинг горных ледников некоторых районов Гиссаро-Алая с использованием космических снимков Aster Terra // Труды научно-исследовательского Гидрометеорологического института. Ташкент, 2004. Вып. 3. С. 22-27.
13. Михаленко В.Н., Кутузов С.С., Файзрахманов Ф.Ф. и др. Сокращение оледенения на Тянь-Шане в XIX – начале XXI вв.: результаты кернового бурения и измерения температуры в скважинах // МГИ. 2005. Вып. 98. С. 175-183.
14. Азыкова Э.К., Аламанов С.К., Диких А.Н. Современное состояние, направленность эволюции и экологические проблемы оледенения Кыргызстана. <http://search.rambler.ru>
15. Dyurgerov M.V. Mountain glaciers at the end of the twentieth century: global analysis in the relation to climate and water cycle // Polar Geography. 2001. V. 25. P. 241-336.
16. Северский И.В., Токмагамбетов Т.Г. Современная деградация оледенения гор Юго-Восточного Казахстана // МГИ. 2005. Вып. 98. С. 3-10.
17. Severskiy I.V., Kokarev A.L., Severskiy S.I., Tokmagambetov T.G., Shagarova L.V., Shesterova I.N. Contemporary and prognostic changes of glaciation in Balkhash Lake basin. Almaty, 2006. 68 p.
18. Черкасов П.А. Современное состояние ледников Или-Балхашского региона // Современное состояние бассейна озера Балхаш. Алматы, 2002. С. 141-198.
19. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. Алматы: Қазақ университеті, 2001. 252 с.

УДК 551.311.21+627.1-1; 551.40(584.6)

А. С. ЕСЖАНОВА

**ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ  
СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИЯ  
ГОРНЫХ РЕГИОНОВ КАЗАХСТАНА**

*Қазақстан таулы аумақтарының қазіргі рельефқұру үрдістерін зерттеу және картаға түсіру мәселелері қарастырылған. Аталған үрдістердің табиғи-шаруашылық жүйелеріне әсері Іле Алатау мысалында бағаланған.*

*Рассмотрены аспекты исследования и картографирования современных рельефообразующих процессов в горах Казахстана. Приведена оценка воздействия экзогенных процессов рельефообразования на природно-хозяйственные системы на примере Иле Алатау.*

*In the article some aspects of investigations and mapping of modern exogenic processes in the mountains of Kazakhstan are considered. The estimation of the influence of those processes on the natural-economic systems was made on the example of the Ile Alatau ridge.*

Современные экзогенные процессы рельефообразования (СЭРП) проявляются в горных регионах Казахстана весьма интенсивно. В настоящее время наблюдается тенденция активизации

опасных экзогенных процессов (оползней, селей, обвалов, снежных лавин и т.д.) вследствие глобальных изменений климата, а также увеличения антропогенного влияния на естественные



ландшафты. Особенно значительную нагрузку испытывают горные экосистемы, равновесие и устойчивость которых в силу значительной интенсивности проявлений атмосферных процессов и большой энергии рельефа довольно легко уязвимы.

Развитие СЭРП вызывает научный интерес исследователей из разных областей, так как они оказывают большое влияние, чаще негативное, на процесс освоения и использования горной местности. Проявление опасных СЭРП во многом затрудняет условия проживания и хозяйственную деятельность на этих территориях. Поскольку Заилейский Алатау находится на восходящем этапе тектонического развития, то в этой фазе СЭРП наиболее активны. Несмотря на достижения в области изучения СЭРП, существует достаточно большой ряд проблем, требующих решения. Прежде всего, основные проблемы состоят в выборе подходов и методов оценки и картографирования природно-антропогенных процессов, сложности размещения природно-социальных систем, ограниченности доступа к современной оперативной космической информации и т.д.

Проявление и развитие экзогенных процессов рельефообразования зависят от множества условий и зонального и азонального факторов. С ярусностью горного рельефа в значительной мере связаны особенности распространения и проявления СЭРП. Ледниковое высокогорье характеризуется широким развитием морозного выветривания, гляциальных (экзарация, плакинг, моренообразование), криогенных (термокарст, солифлюкция), нивально-гравитационных (снежные лавины), гравитационно-склоновых (обвалы, осыпи) процессов. В среднегорье и низкогорье повсеместно развиты плоскостной смыв, обвалы, осыпи, оползни, овражная эрозия, суточная солифлюкция и т.д. Низкогорные участки, сложенные легкоразмываемыми отложениями, подвержены оползнеобразованию, овражной эрозии.

Современный геоморфогенез горных территорий должен изучаться с учетом всех названных особенностей. Основой и первым этапом изучения и картографирования современных природно-антропогенных процессов является проведение предполетных камеральных работ с использованием аэро- и космифотоснимков, полевых исследований с применением топографических, рекогносцировочных геолого-тектонических

материалов. Дальнейшая камеральная обработка, дополнение и уточнение полевых данных проводятся с помощью аэро- и космоснимков. Полученный вариант карты обрабатывается с помощью ГИС-программ и в дальнейшем может быть использован для получения оперативной информации для служб ЧС. Так создается картографическая база для дальнейшей оценки степени опасного воздействия геоморфологических процессов на природно-хозяйственные системы.

Картирование природно-антропогенных процессов имеет целью отображение их пространственной приуроченности и их влияния на окружающую среду и хозяйственную деятельность. Составление подобных карт имеет существенное значение для исследования геологического состояния территорий, почвенных и ландшафтных изысканий, экологического картографирования, оценки риска и т.д.

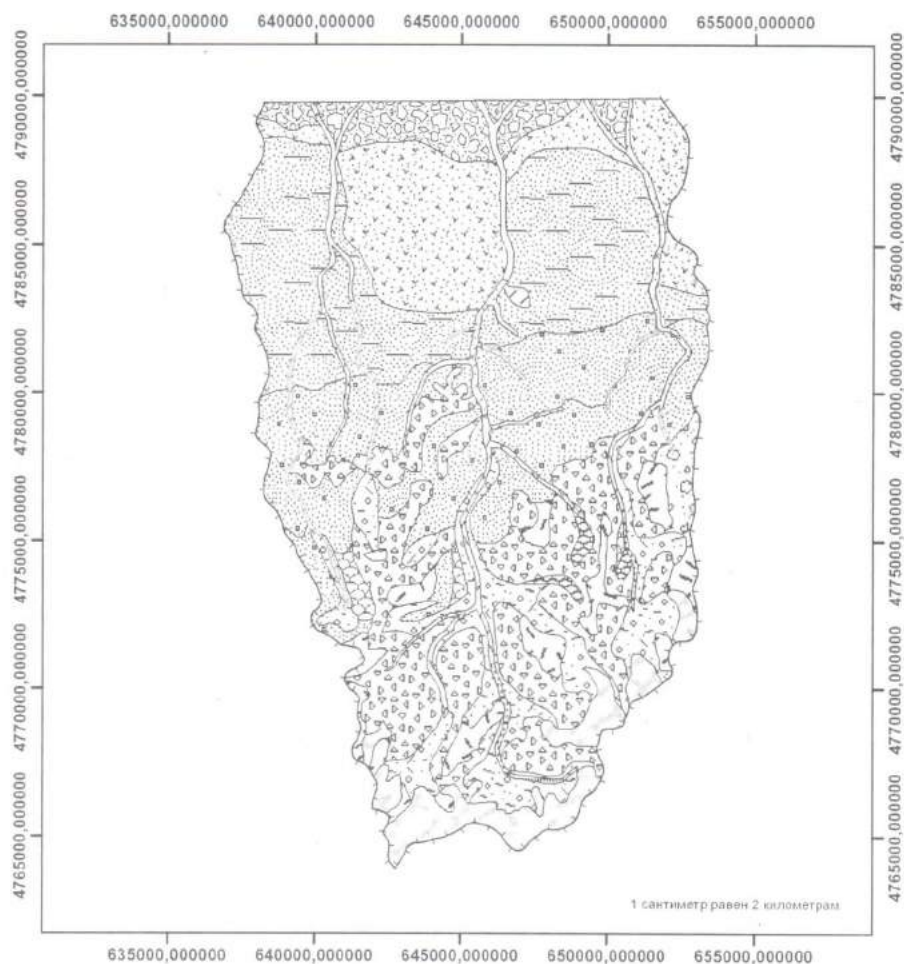
На основе использования материалов многолетних исследований для северного склона Иле-Алатау ранее были составлены карты экзогенных рельефообразующих процессов в масштабе 1:200 000 [1]. Создание карт СЭРП основывается не только на материалах геолого-геоморфологических изысканий, но и на использовании данных дистанционного зондирования Земли, т.е. широком применении аэро- и космифотоматериалов. Это позволяет реализовать принципы комплексности, территориальности, целостности и сопряженности картографируемых объектов.

В основу методики составления карты положен генетический принцип, согласно которому все процессы рассматриваются в соподчиненности в зависимости от причин, вызывающих их проявление и развитие. Группы процессов подразделены на типы. Например, к группе гравитационных процессов относятся обвальные, оползневые и др.

Фрагмент карты для бассейнов рек Аксай, Каргалы и Кыргауылды, выполненной в электронном виде в программе ArcMap с некоторыми уточнениями и дополнениями, приведен на рис.

Опасные экзогенные процессы часто проявляются синергетически, когда одно природное явление способно провоцировать другое, а возможно, и ряд процессов. Таковы, например, крупные деформации склонов, связанные с сильнейшими землетрясениями 1887, 1889, 1911 гг., сопровождавшиеся активизацией оползней, обвалов,





**Экзогенные рельефообразующие процессы**

**1. Гляциально-нивальный**

- экзарация
- ледниковая аккумуляция

**2. Криогенный**

- солифлюкция
- каменные глетчеры

**3. Флювиальный**

**а) эрозионный**

- русловый
- селевой
- плоскостной и мелкоструйчатый смыв

**а) аккумулятивный**

- аллювиально-пролювиальный
- селевой
- аллювиальный

**4. Гравитационный**

- дефлюкционный
- оползневой
- обвальный
- осыпной
- обвально-осыпной

**5. Комплексного выветривания**

- выветривание

**Прочие обозначения**

- ледники, снежники
- водораздел

Фрагмент карты экзогенных рельефообразующих процессов бассейнов рек Аксай, Каргалы и Кыргауылды

лавины, осей и вызвавшие катастрофические сели в сейсмически активных районах Казахстана и прилегающих территорий. Все основные экзогенные процессы, имеющие наибольшее распространение в горных районах Казахстана, активно преобразуют рельеф.

**Гляциально-нивальные процессы.** Экзарация – разрушающая (выпахивающая) ложе работа ледников – проявляется в области современного оледенения с образованием специфичных форм рельефа: трог, цирки, кары и т.д. Ледник способен захватывать и выносить уже подготовленный выветриванием материал и механически воздействовать на скальную поверхность, образуя такие формы, как бараньи лбы, ригели, карлинги и т.д.

К числу активных рельефообразующих процессов в горах относятся *нивальная эрозия и аккумуляция*. Под нивальными процессами подразумевают как деятельность снежных лавин, так и воздействие снежников на подстилающую поверхность пород.

**Криогенные процессы** связаны с протаиванием погребенных льдов, многолетней или сезонной мерзлоты.

Термокарстовые процессы в моренных отложениях являются предпосылками для подготовки и развития гляциальных селей, чем и определяется их негативное воздействие на природно-хозяйственные системы. Наибольшим потенциалом и активностью в формировании гляциальных селей характеризуется подпояс прерывистого распространения вечной мерзлоты [2].

Наиболее крупные *солифлюкционные* формы рельефа наблюдаются на абсолютных высотах более 3000 м в районах распространения многолетней мерзлоты. Условиями для возникновения и развития солифлюкции являются крутизна и экспозиция склонов, наличие мелкозема в промерзающих массивах пород, среднесуточное количество часов с положительной температурой воздуха, изреженность растительного покрова.

К числу примечательных криогенных процессов в исследуемом районе относятся *каменные глетчеры*. В Иле-Алатау выявлено 504 каменных глетчера, из них 429 относятся к активным формам [3].

Поступательное движение активных каменных глетчеров колеблется от одного-двух до нескольких десятков сантиметров в год. Они

развиты преимущественно в высотном поясе 2700–3700 м, в то время как ледники расположены на высотах от 3700 до 5000 м, а фирновая линия – 3800 м.

**Гравитационные процессы.** Высокая сейсмичность, особенности геолого-геоморфологического строения, климатические условия горных районов способствуют широкому распространению гравитационно-склоновых процессов.

**Осыпи.** На крутых склонах (35–40°) образуются скопления обломочных скальных пород. Предельный угол естественного откоса осыпных тел, согласно [4], в зависимости от размеров обломков составляет 32–34°. Наиболее широко осыпные процессы распространены в скально-ледниковом и крутосклонном высокогорье. В среднегорном поясе осыпи развиты в меньших масштабах.

**Обвалы.** Толчком к проявлению обвалов служат сейсмические удары или нарушение гравитационной устойчивости на бортах речных долин. Первые в большинстве своем имеют катастрофический характер, к примеру крупный Акжарский обвал в бассейне р. Аксай. Вторые образуются в прирусловых частях рек, имеют небольшие размеры, а обвальный материал быстро размывается рекой. Если долина реки узка, то крупный обвал, перегородив ее, может образовать подпрудное озеро с естественным скоплением большого объема воды, необходимого для возникновения селей завально-прорывного типа.

Сеймотектоническими процессами обусловлено также проявление многих *оползневых деформаций*. В сочетании с эрозионными процессами оползни характерны чаще всего для предгорных ступеней (62%) и реже для среднегорного пояса (27%), но встречаются в моренных и флювиогляциальных отложениях высокогорной геоморфологической зоны (11%).

В районе весьма широко развиты *флювиальные процессы*: речная и овражная эрозия, плоскостной смыв, склоновая эрозия, а в последнее время также ирригационная эрозия. Их развитие обусловлено особенностями литологии, тектонической активностью, значительными уклонами поверхности, гидрометеорологическими условиями, эрозионной устойчивостью почв, густотой растительного покрова и антропогенным фактором. Речная эрозия происходит при углах наклона менее 8–12°. Содержание воды в грязекаменном потоке около 30%, а доля твердого материала в



наносонесущем потоке не более 30–40%. Разумеется, что и эродирующая деятельность селевого потока в десятки раз превышает водную эрозию.

Процесс *плоскостного смыва* продуктов выветривания со склонов весьма характерен особенно там, где осадков выпадает гораздо больше, чем на предгорной равнине или на склонах южной экспозиции крутизной 5–20°. На более крутых склонах (20–30°) сток концентрируется по мелким оврагам, возникает другая форма смыва – склоновая эрозия. Песчано-глинистые частицы смываются множеством мелких струй воды, создающих небольшие борозды глубиной до 5–10 см.

Оценка риска негативного воздействия геоморфологических процессов является одним из важных и основных аспектов оценки природного риска в целом. Степень природного риска, по сути своей, определяется уровнем негативных последствий и состоит из вероятности возникновения опасных явлений и ущерба, наносимого ими. Оценка негативного воздействия геоморфологических процессов является неотъемлемой и важнейшей частью управления природными рисками. В предгорьях Иле-Алатау расположена крупная Алматинская агломерация с населением более 1,5 млн человек, с развитым сельскохозяйственным производством, множеством объектов пищевой, легкой, строительной промышленности, производства электроэнергии. Она является одним из крупнейших туристско-рекреационных центров Казахстана. По оценкам специалистов, ежегодный материальный ущерб от разрушительных экзогенных процессов в республике составляет около 50 млн долларов США.

Необходимо отметить, что в последнее время горные регионы Юго-Восточного Казахстана представляют огромный интерес как объекты интенсивного рекреационного освоения, что может составить существенную статью доходов в экономике региона и республики в целом. Поэтому решение проблемы обеспечения безопасности от воздействия опасных процессов, в том числе и селевых потоков, является одним из наиболее активно разрабатываемых и перспективных направлений в стратегии обеспечения безопасности жизни и деятельности людей в Казахстане.

Существование риска сейсмического и риска опасных экзогенных процессов (селевого,

оползневого, лавинного) является одним из серьезных лимитирующих факторов в использовании природно-ресурсного потенциала горных территорий. Природно-антропогенные процессы могут оказывать воздействие в различных аспектах, но можно выделить три основных: социальный, экономический и экологический. Негативное влияние селевых процессов может быть прямым и опосредованным.

Основными методами оценки воздействия геоморфологических процессов на природно-хозяйственные системы горных территорий могут быть, прежде всего, метод картографирования природно-антропогенных процессов, метод балльной экспертной оценки, оценки рисков на вероятностной основе и т.д.

Главную базу для оценки воздействия геоморфологических процессов на природно-хозяйственные системы будет составлять создание карт распространения и интенсивности развития природно-антропогенных процессов, размещения основных объектов воздействия, оценки экономического, социального и экономического ущерба.

Так, приведем пример оценки воздействия селевых потоков на предгорные районы северного склона Иле-Алатау [5]. Уровень риска воздействия селевых явлений во многом определяется *уязвимостью*  $V$  объекта или территории, т.е. степенью устойчивости и резистентности к негативному воздействию. Выражается уязвимость через отношение *подверженности* территории или объекта опасному процессу к степени их *защищенности*  $P$ . В данном случае за понятие «подверженность» принимается величина *возможного ущерба*  $D$  населению и хозяйству в случае возникновения селеопасной ситуации. Под ущербом здесь понимаются потери трудовых, материальных и финансовых ресурсов, вызванные разрушительными селевыми потоками. Защищенность подразумевает величину затрат на противоселевые защитные мероприятия. В пределах каждого из показателей была проведена градация по 4-балльной системе по максимальному и минимальному значениям. По защищенности территория делится на слабо защищенную (1 балл), удовлетворительно защищенную (2), хорошо защищенную (3) и относительно надежно защищенную (4 балла). Предгорья северного склона Иле-Алатау относятся преимущественно к удовлетворительно защищенным



территориям. Причем зоны воздействия рек Аксай и Шамалган наименее защищены. По степени возможного ущерба выделяются территории очень высокой (4 балла), высокой (3 балла), средней (2 балла) и низкой степени ущерба (1 балл). Величина уязвимости от единицы и выше является достаточно высокой и указывает на то, что необходимо обратить внимание на усиление защиты селеопасных бассейнов, где уровень опасности превышает или равен степени защищенности, а объемов проводимых мероприятий недостаточно для надежной защиты населения и материальных объектов от возможного проявления катастрофических селей.

При оценке риска селевого воздействия, как было отмечено, необходимо учитывать, что существуют три направления, по которым идет негативное воздействие: социальное, экономическое и экологическое. По уровню селевого риска, определяемого уязвимостью, т.е. соотношением подверженности негативному воздействию и защищенности, проведена градация территории по степени защищенности и возможного ущерба для наиболее селеопасных бассейнов северного склона Иле-Алатау. Выделены четыре класса воздействия и последствий для объектов и системных реципиентов. Территория подразделена по типам использования на: 1) урбопромышленный, 2) сельскохозяйственный, 3) лесохозяйственный, 4) природохозяйственный, 5) рекреационный. Подобная типизация территории по функциональному назначению необходима при планировании и формировании локальной, региональной, а также общегосударственной экономической и социально-демографической политики, способствует совершенствованию системы управления чрезвычайными ситуациями и позволит значительно снизить ущерб и потери от стихийных явлений природы.

Для исследования всего спектра опасных процессов в горах необходимо разработать комплексный подход, учитывающий воздействие каждого процесса в отдельности и всех в совокупности.

Создание банков данных – сбор информации (картографической, справочной, литературной, ДЗЗ, Интернет-ресурсов и т.д.) является первым и неотъемлемым этапом создания картографической базы для оценки воздействия геоморфологических процессов на природно-хозяйственные

системы. Применение ГИС-технологий позволит значительно повысить объемы и качество обработки информации. Для оценки интенсивности проявления природно-антропогенных процессов и степени их воздействия будут важны сведения о геолого-геоморфологических, гидрологических, климатических, почвенно-ботанических, социально-экономических, экологических особенностях территории. Это представляет собой довольно сложную и трудоемкую задачу, поскольку необходимы знание и грамотная интерпретация как природных, так антропогенных аспектов вредного влияния, и требует привлечения квалифицированных специалистов различного профиля.

В отношении множества населенных пунктов различного типа, расположенных в северных предгорьях Иле-Алатау, задача обеспечения безопасности от проявления природно-антропогенных процессов более чем актуальна. Для решения отмеченной проблемы в настоящее время в Республике Казахстан проводятся научные исследования и предпринимаются конкретные мероприятия, направленные на снижение риска возникновения природных катастроф. На современном этапе развития республики приоритетное значение приобретает формирование общегосударственной политики в области снижения природного риска, смягчения последствий стихийных бедствий, реализующей международные и внутригосударственные принципы обеспечения безопасности.

В связи с повышенной опасностью проявления опасных процессов на горных территориях Казахстана в целях планирования и разработки стратегии дальнейшего социально-экономического развития и рационального природопользования в юго-восточном регионе существует необходимость в оптимизации взаимосвязей современного геоморфогенеза районов развития горного рельефа и сфер человеческой деятельности, которая возможна на основе:

всестороннего изучения природных и антропогенных факторов воздействия опасных СЭРП, ограничивающих освоение природно-ресурсного потенциала территорий, т.е. обеспечения детальных научных изысканий;

постановки мониторинговых исследований в целях получения новых уточненных данных об опасных экзогенных процессах в дополнение к существующему заделу в этой области;



проведения тщательного сбора информации о стоимости угрожаемых объектов хозяйствования и человеческих ресурсах освоенных горных регионов;

создания ГИС опасных горных районов Казахстана, которая будет содержать наиболее полную базу данных о селеопасных территориях с последующим включением в общий банк данных подверженности Казахстана опасным природным и природно-техногенным процессам;

создания системы кадастров опасных природно-антропогенных процессов;

приоритетного осуществления превентивных защитных мероприятий;

совершенствования юридических и экономических норм использования опасных и прилега-

ющих к ним территорий и контроля за их соблюдением.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Медеуов А., Нурланов М.Т.* Селевые явления сейсмоактивных территорий Казахстана: (Проблемы управления). Алматы: Каржы-Каражат, 1996. 204 с.
2. *Токмагамбетов Г.А.* Тайны природных льдов Казахстана. Алматы: Наука, 1978. 152 с.
3. *Горбунов А.П.* Каменные глетчеры Заилийского Алатау // Криогенные явления Казахстана и Средней Азии. Якутск, 1979. С. 5-34.
4. *Карнов П.М., Пушкаренко В.П., Умаров А.Ю., Ходжаев Ш.К.* Селевые явления в Узбекистане. Ташкент: Фан УзССР, 1976. 134 с.
5. *Медеу А., Есжанова А.С.* и др. Оценка риска селевого воздействия // Вестник КазНУ. Сер. географ. Алматы, 2004. № 2. С. 104-108.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Акиянова Ф. Ж.** – д. г. н., зам. директора по маркетингу и прикладным исследованиям, заведующая лабораторией геоморфологии и геоинформационного картографирования Института географии АО «ЦНЗМО»
- Алимкулов С. К.** – младший научный сотрудник лаборатории гидроэкологии Института географии АО «ЦНЗМО»
- Басова Т. А.** – к. б. н., ведущий научный сотрудник лаборатории ландшафтоведения и проблем природопользования Института географии АО «ЦНЗМО»
- Берман О. А.** – ведущий инженер лаборатории геоэкологии горных территорий и рекреационной географии Института географии АО «ЦНЗМО»
- Благовещенский В. П.** – д. г. н., заведующий лабораторией геоэкологии горных территорий и рекреационной географии Института географии АО «ЦНЗМО»
- Будникова Т. И.** – к. г. н., ведущий научный сотрудник лаборатории ландшафтоведения и проблем природопользования Института географии АО «ЦНЗМО»
- Гельдыева Г. В.** – д. г. н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории ландшафтоведения и проблем природопользования Института географии АО «ЦНЗМО»
- Гуляева Т. С.** – к. г. н., ведущий научный сотрудник лаборатории геоэкологии горных территорий и рекреационной географии Института географии АО «ЦНЗМО»
- Достай Ж. Д.** – д. г. н., профессор, заведующий лабораторией гидроэкологии Института географии АО «ЦНЗМО»
- Есжанова А. С.** – к. г. н., старший научный сотрудник лаборатории геоморфологии и геоинформационного картографирования Института географии АО «ЦНЗМО»
- Кокарев А. Л.** – научный сотрудник лаборатории гляциологии Института географии АО «ЦНЗМО»
- Кондрашов И. В.** – д. г. н., старший научный сотрудник лаборатории гляциологии Института географии АО «ЦНЗМО»
- Котляков В. М.** – д. г. н., директор Института географии РАН
- Маканова А. У.** – к. г. н., старший научный сотрудник лаборатории ландшафтоведения и проблем природопользования Института географии АО «ЦНЗМО»
- Мальковский И. М.** – д. г. н., к. т. н., заместитель директора по науке Института географии АО «ЦНЗМО»
- Мелеу А. Р.** – д. г. н., профессор, директор Института географии АО «ЦНЗМО»
- Нурмамбетов Э. И.** – к. г.-м. н., главный научный сотрудник лаборатории геоморфологии и геоинформационного картографирования Института географии АО «ЦНЗМО»
- Пиманкина Н. В.** – к. г. н., старший научный сотрудник лаборатории гляциологии Института географии АО «ЦНЗМО»
- Плохих Р. В.** – к. г. н., заведующий лабораторией ландшафтоведения и проблем природопользования Института географии АО «ЦНЗМО»
- Северский И. В.** – д. г. н., академик НАН РК, главный научный сотрудник лаборатории гляциологии и почетный директор Института географии АО «ЦНЗМО»
- Скоринцева И. Б.** – к. г. н., ведущий научный сотрудник лаборатории ландшафтоведения и проблем природопользования Института географии АО «ЦНЗМО»
- Токмагамбетов Т. Г.** – к. г. н., заведующий лабораторией гляциологии Института географии АО «ЦНЗМО»
- Токмагамбетова Р. Ю.** – к. г. н., ученый секретарь Института географии АО «ЦНЗМО»
- Толеубаева Л. С.** – к. г. н., старший научный сотрудник лаборатории гидроэкологии Института географии АО «ЦНЗМО»
- Шестерова И. Н.** – к. г. н., старший научный сотрудник лаборатории гляциологии Института географии АО «ЦНЗМО»
- Шредер Х.** – доктор географии, профессор, заведующий кафедрой геоморфологии, почвоведения и четвертичной географии Географического института при Университете им. Гумбольдта, г. Берлин, Германия



## СОДЕРЖАНИЕ

От редактора.....	3
<b>Главная тема: проблема водной безопасности</b>	
<i>Котляков В.М., Северский И.В.</i> Оледенение Центральной Азии: современные изменения и их влияние на водные ресурсы.....	4
<i>Мальковский И.М., Толеубаева Л.С., Акимжанов Ж.А.</i> Гидроэкологические проблемы Казахстана.....	31
<i>Достай Ж.Д., Алимкулов С.К.</i> Оценка водных ресурсов реки Иле с учетом трансграничности.....	40
<b>Тематические и региональные работы</b>	
<i>Медеу А.Р., Нурмамбетов Э.И., Акиянова Ф.Ж.</i> Современная геоморфология: мировые тенденции и перспективы развития в Казахстане.....	45
<i>Гельдыева Г.В., Скоринцева И.Б., Басова Т.А.</i> Ландшафтно-экологическая оценка приграничных территорий Российско-Казахстанского сектора.....	55
<i>Гуляева Т.С., Благовещенский В.П.</i> Районирование территории Жетысуского Алатау по степени благоприятности для развития рекреационной деятельности.....	62
<i>Гуляева Т.С.</i> Районирование территории Жетысуского Алатау по степени нарушенности ландшафтов.....	66
<i>Маканова А.У.</i> Экологическая опасность техногенного воздействия на ландшафты приграничной территории Актюбинской области.....	71
<i>Плохих Р.В., Будникова Т.И., Баймаганбетова К.Т.</i> Прикладные ландшафтно-экологические исследования в Северном Казахстане: методический опыт и некоторые результаты.....	77
<i>Токмагамбетова Р.Ю.</i> Социально-экономические условия формирования эколого-демографической ситуации в Восточно-Казахстанской области.....	85
<i>Благовещенский В.П., Берман О.А., Кондрашов И.В.</i> Межгодовая изменчивость характеристик снежного покрова и лавинной деятельности в Илейском Алатау.....	94
<i>Кокарев А.Л., Шестерова И.Н.</i> Каталог ледников Южной Джунгарии (Жетысуский Алатау) по состоянию на 2000 год.....	98
<i>Schröder H., Pimankina N.</i> Study of the ancient ecological conditions by different methods.....	105
<i>Токмагамбетов Т.Г.</i> Динамика оледенения гор Центральной Азии.....	110
<i>Есжанова А.С.</i> Особенности изучения и картографирования современных процессов рельефообразования горных регионов Казахстана.....	114

Редактор *Т. Н. Кривобокова*  
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 25.12.2007.  
Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
7,7 п.л. Тираж 300. Заказ

Отпечатано в типографии «Print-S»