

24. ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В КРИОСФЕРЕ, ГИДРОСФЕРЕ, АТМОСФЕРЕ И ЛАНДШАФТНОЙ ОБОЛОЧКЕ ЗЕМЛИ И ИХ ЭВОЛЮЦИЯ С УЧЕТОМ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Программа 24.1. Природные процессы в ландшафтной оболочке Земли и их эволюция с учетом антропогенного воздействия, географические основы сбалансированного развития территорий

(Координаторы член-корреспондент РАН В. А. Снытко, член-корреспондент РАН А. К. Тулохонов)

Учеными Института географии разработаны концепция и схема картографического обеспечения процесса управления территориальным развитием, представленная в виде блочно-модульной схемы (рис. 1). Составлена серия разномасштабных ресурсных и ландшафтно-инвентаризационных карт Иркутской области, а также карты людности поселений, плотности и этнического состава населения Иркутской, Читинской областей и Республики Бурятия по данным переписи населения 2002 г. Создана серия мониторинговых карт природных и антропогенных факторов формирования экологической обстановки (опасных природных явлений и геоэкологического риска Иркутской области, загрязнения рек Верхнего Приангарья и Братского водохранилища); для ландшафтного планирования, экологического зонирования и районирования модельных участков Байкальской природной территории. Разработаны электронные карты, где впервые отображены территориальные макро-, мезо- и наносистемы обеспечения экологической безопасности с показом ключевых функций этих систем (нейтрализация и регулирование трансграничных и внутренних воздействий, уменьшение вредных выбросов, утилизация и переработка отходов; уровень и качество жизни населения с экономическими, социальными и экологическими показателями). Все характеристики даны в сравнении со средними по стране.

В Байкальском институте природопользования разработаны концептуальные основы сбалансированного эколого-экономического раз-

вития. Определены условия и принципы такого развития: территориальная организация хозяйства на ландшафтно-экологической основе; переход к рентным экономическим отношениям при природопользовании в целях рационального использования и воспроизводства природных ресурсов, справедливого распределения доходов между субъектами природопользования; повышение качества жизни, совершенствование системы экологического образования и воспитания в целях продвижения к ноосферному сознанию.

Предложена триадная система в агротехнике, включающая факторы: экологические (почвозащитная агротехника, использование органических удобрений, утилизация отходов животноводства и растениеводства, традиционная номадная технология использования пастбищ); технологические (способы обработки почв и посева, многофункциональная техника, культуры и сорта местной селекции, микроудобрения и стимуляторы роста, производство дешевых и биологически ценных кормов, номадное животноводство); социально-экономические (льготное налогообложение и кредитование, дотации, юридическая защита частной собственности), обеспечивающие устойчивое развитие традиционных способов природопользования.

Разработаны принципы регионального природопользования, включающие модельные схемы видов природопользования, состоящие из трех блоков: экономического, социального и природно-экологического; информационно-картографическую базу развития природопользо-

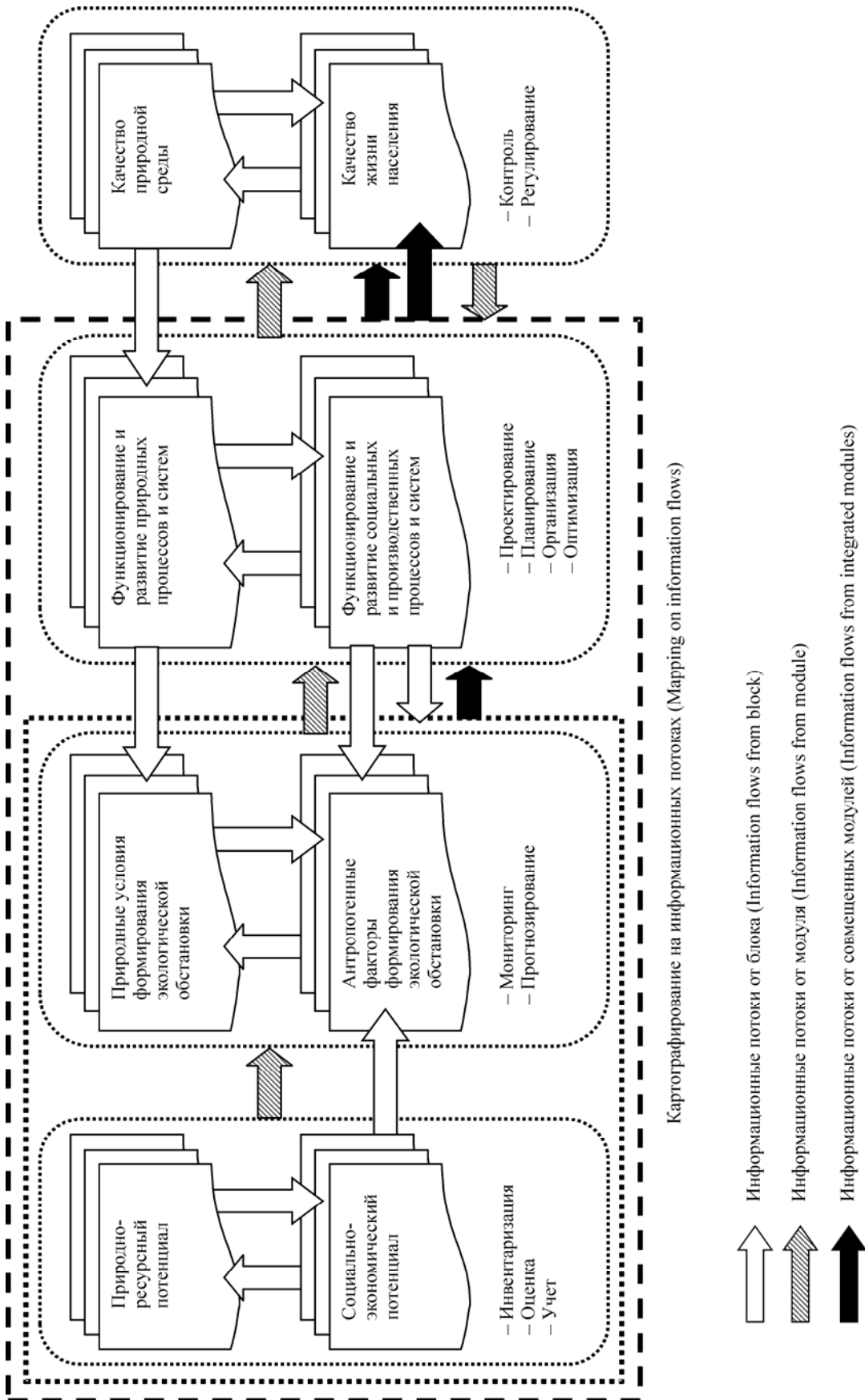


Рис. 1. Блочнo-модульная организация картографического обеспечения управления региональным развитием.

Fig. 1. Block-modular organization of map coverage for regional development management.

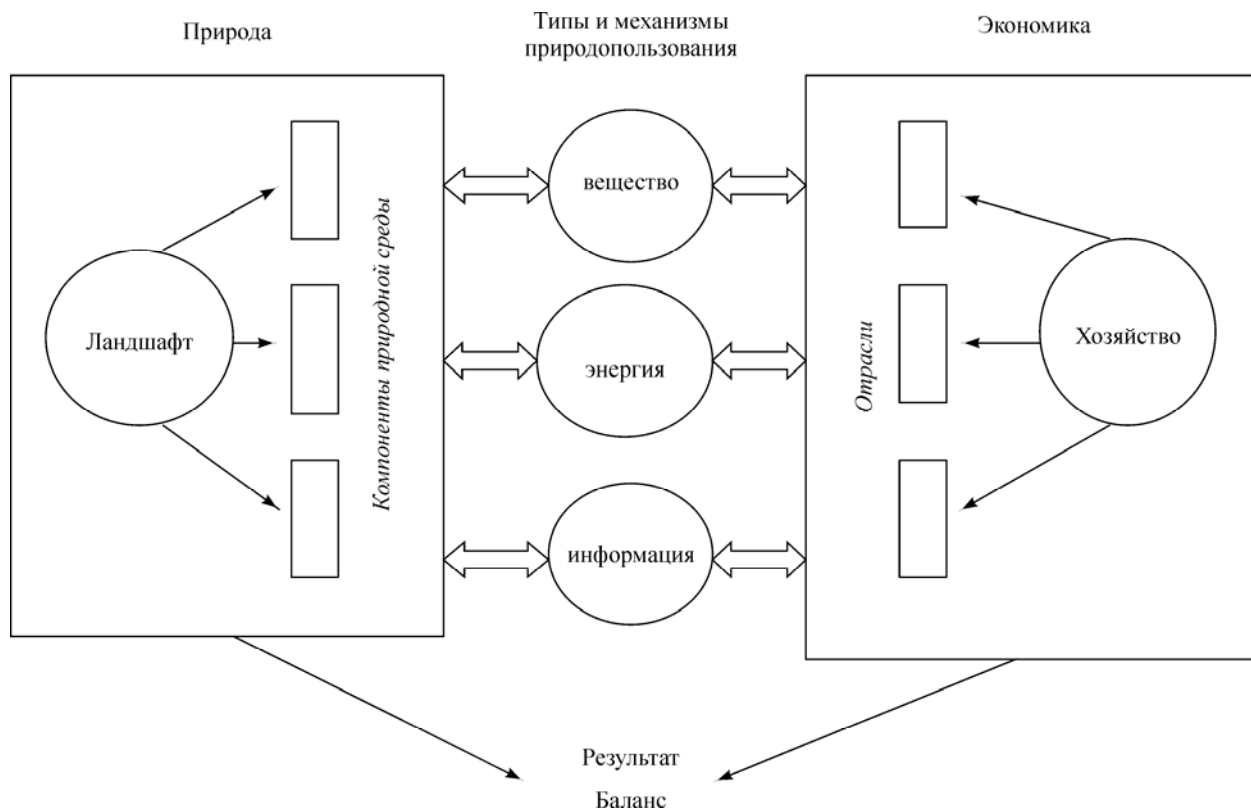


Рис. 2. Модель сбалансированного эколого-экономического развития территории.

Fig. 2. Model for balanced ecological and economic development of a territory.

вания в регионе; методологические подходы к исследованию природных и антропогенных рисков.

Схематичная модель сбалансированного эколого-экономического развития территории представлена на рис. 2.

Сотрудниками Института мерзлотоведения установлено, что основным критерием для оценки состояния криогенных ландшафтов на вырубках в Центральной Якутии является влажность деятельного слоя. После сведения древостоя, в первые 5—6 лет, почвогрунты

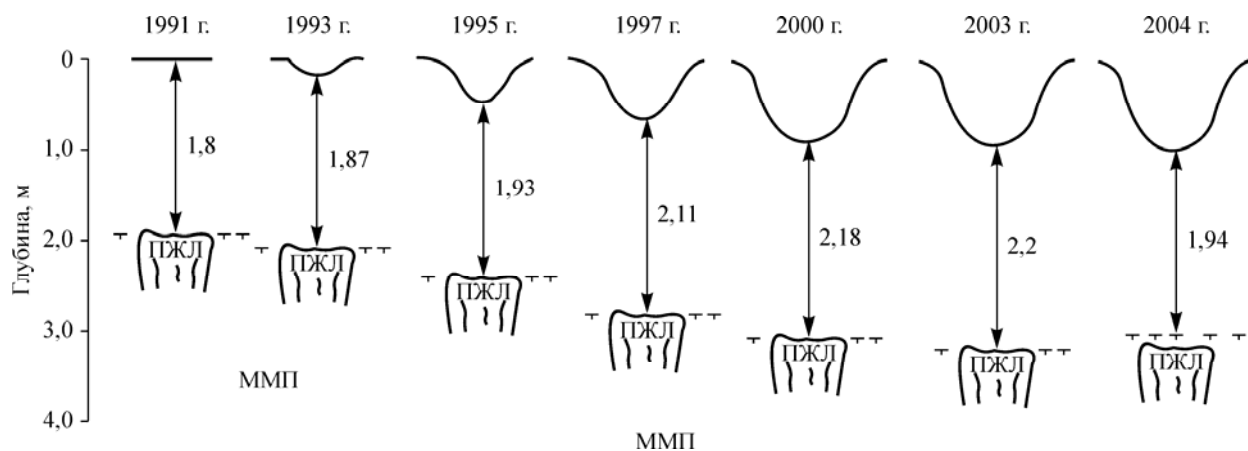


Рис. 3. Динамика оттаивания и просадки поверхности на небольших термокарстовых понижениях на урочище Дыргыабай близ г. Якутск.

Fig. 3. Thawing and surface subsidence dynamics along small thermokarst declivities on the «Dyrgyabai» research ground near Yakutsk.

деятельного слоя находятся в переувлажненном состоянии. По сравнению с более поздними вырубками (старше 5—6 лет) средняя годовая температура верхних горизонтов многолетнемерзлых пород на молодых вырубках даже в холодные малоснежные годы остается относительно высокой.

Установлено, что антропогенные ландшафты на ледовом комплексе в Центральной Якутии в период интенсивного повышения температуры воздуха находятся в критическом состоянии. За 1992—2004 гг. общие просадки поверхности на ранее нетронутых термокарстом участках достигали 20—30 см.

Программа 24.2. Процессы формирования гидросферы, водных ресурсов и лимнических систем Сибири (Координаторы академик О. Ф. Васильев, академик М. А. Грачев)

В Институте водных и экологических проблем выполнены исследования гидрохимического и гидрологического состояния оз. Чаны, минерализации и концентраций главных ионов (ионов натрия и хлора) по его акватории. Особенностью гидрохимического режима озера является неоднородность минерализации и ионного состава воды по акватории. Это объясняется морфологией его котловины, бессточностью, низким водообменом между частями озера и распресняющим действием вод питающих его рек. В многолетнем аспекте минерализация воды оз. Чаны изменяется по мере колебания его водных запасов, что наглядно иллюстрируется составленными впервые картами минерализации озера в 2002 и 2004 гг. Повышение уровня воды от отметки 106,60 м Б.С. в 2002 г. до 106,90 м Б.С. в 2004 г. привело к распреснению воды озера. В настоящее время, как и на протяжении длительного периода, самая низкая минерализация вод свойственна оз. Малые Чаны — от 0,56 до 0,65 г/дм³. В Чиняихинском плесе, где смешиваются пресные воды оз. Малые Чаны с солоноватыми водами оз. Чаны, минерализация воды достигает 1,56—2,55 г/дм³. В глубоководном оз. Яркуль вследствие слабого водообмена с остальной частью озера минерализация воды составляет 2,56—3,55 г/дм³. Максимального значения (до 5,55 г/дм³) этот показатель достигает в северо-восточной его части (Ярковский плес). По значениям минерализации проведено районирование акватории озера (рис. 4).

Тренд таяния пород ледового комплекса на отдельных нарушенных участках агроландшафтов составляет в среднем 0,10 м/год. С 1991 по 2004 г. на урочище Дыргыбай кровля многолетнемерзлых пород с повторно-жильными льдами (ПЖЛ) опустилась с 1,8—1,9 до 3,1—3,6 м (рис. 3). Породы ледового комплекса нарушенных агроландшафтов за эти годы утратили значительную часть запасов холода и объема ПЖЛ (от 5 до 35 %) в верхнем слое годовых теплооборотов (до глубины 10 м).

Учеными Лимнологического института выяснено, что аквальное выветривание пород береговых обрывов оз. Байкал происходит за счет продуктов жизнедеятельности фито- и зообентоса. На полигоне у м. Березовый (Южный Байкал) показано, что в амфиболитах в значительных количествах обнаруживаются биофильные микроэлементы (цинк, медь и т. д.). Выделяемая некоторыми литофильными животными слизь заселяется микрофлорой (рис. 5), обладающей различной ферментативной активностью (протолитической, амилазной, фосфолипазной и др.). В состав метаболитов микроорганизмов входят органические кислоты, способствующие биодеструкции минералов донных пород.

Учеными Института географии впервые с помощью картографического метода отражены условия формирования и распространения наледей как опасного гидрологического явления на севере Евразии. Выделены две группы наледеопасных районов: суши и морских и пресных водоемов. В пределах суши с учетом геокриологических, морфоструктурных и климатических условий нанесены границы 12 районов, описаны типы наледей, их географическое распространение, указаны средняя и максимальная мощности, пределы площади и продолжительность развития, вероятность обледенения берегов, судов и гидротехнических сооружений. По всему полю карты проведены изолинии средней многолетней продолжительности наледеопасного периода с шагом в

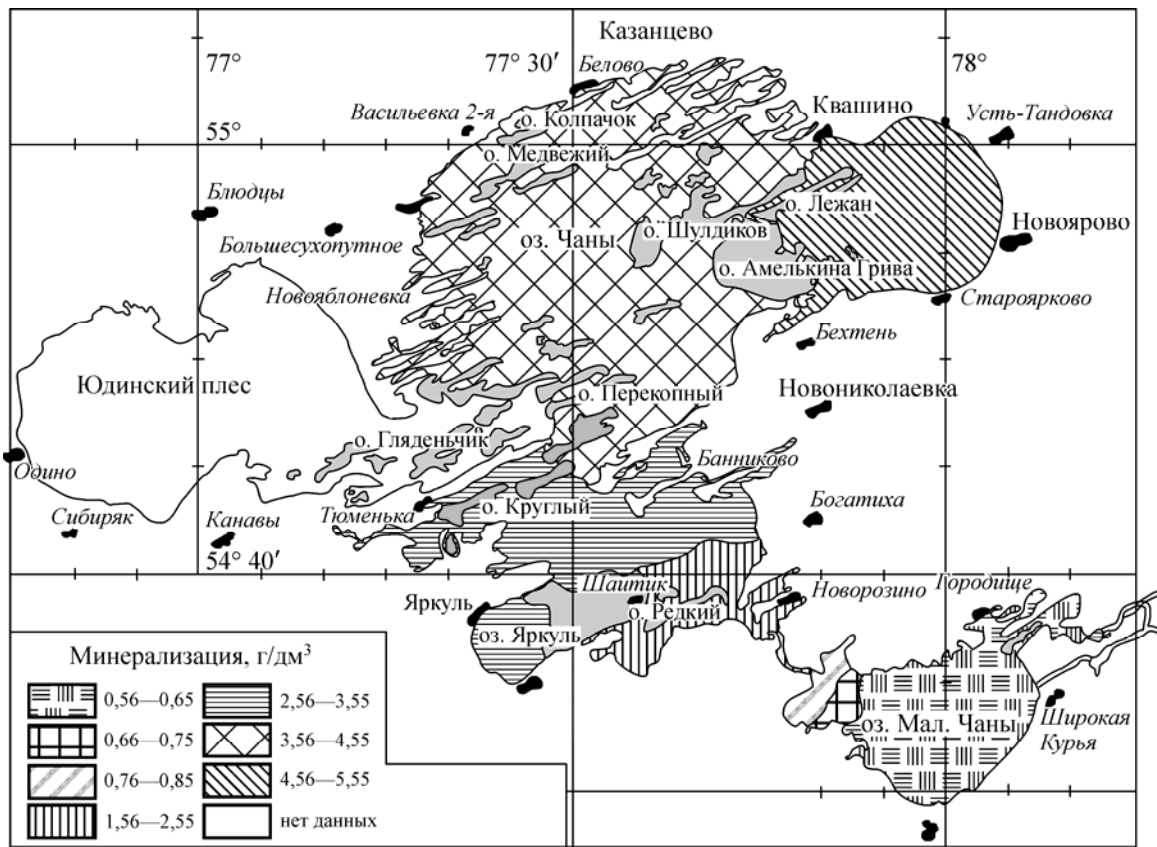


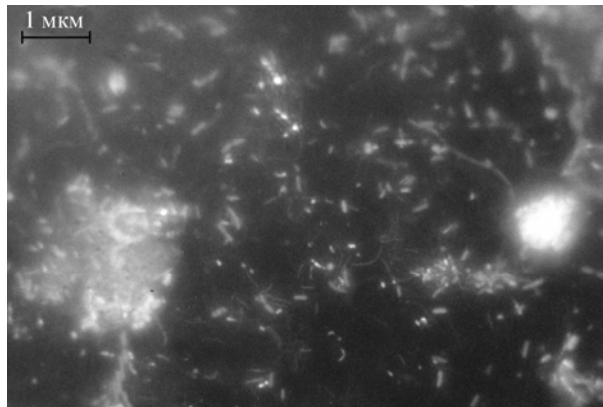
Рис. 4. Карта минерализации оз. Чаны (по данным 2004 г.).

Fig 4. The mineralization map of Chany lake (according to data of 2004 year).

20 дней. Внемасштабными знаками и контурами выделены участки распространения сезонных и многолетних наледей-тарынов. В характерных точках территории рассчитаны потенциальные наледные ресурсы.

Рис. 5. Палочковидные, кокковидные и нитчатые грамотрицательные и неспорообразующие бактерии, поселяющиеся на слизи брюхоногого моллюска *Megalovalvata baicalensis* (изображение получено с помощью эпифлюоресцентного микроскопа).

Fig. 5. Rod-shaped, spherical and filamentous gram-negative and non-sporeforming bacteria growing on the slime of gastropods *Megalovalvata baicalensis* (The epifluorescent microscope image).



Программа 24.3. Атмосферные процессы и их влияние на природно-климатические изменения в Сибири с учетом антропогенного воздействия (Координатор член-корреспондент РАН М. В. Кабанов)

Учеными Института мониторинга климатических и экологических систем доказана важная роль Северо-Атлантического колебания (NAO, нормализованная разность давлений

между двумя важными центрами действия атмосферы: Азорским максимумом и Исландским минимумом) в возбуждении низкочастотных квазипериодических колебаний, обна-

руженных ранее сотрудниками Института в рядах метеорологических величин на территории Сибирского региона. На основании анализа рассчитанных вейвлет-спектров для длительных рядов наблюдений приземных температур на 45 метеорологических станциях Западной Сибири и индекса NAO установлена статистически значимая корреляция для периодичностей в 3—8 лет, 10—15 лет и 30—40 лет (рис. 6, *a*). Связь для масштабов 3—8 лет имеет спорадический характер, т. е. проявляется эпизодически на исследованном временном интервале от 1900 до 2000 г. Периоды появления этой связи примерно соответствуют периодам возникновения на территории Сибири положительных и отрицательных аномалий среднегодовой температуры воздуха. Фазовый сдвиг для этого масштаба равен нулю. Это свидетельствует о том, что формирование колебаний масштаба 3—8 лет в рядах температуры осуществляется через изменения в режимах зонального переноса и циклонического, возбуждаемые процессами в Северной Атлантике. Для масштаба 10—15 лет, как видно из рис. 6, *б*, связь является статистически значимой практически на протяжении всего XX столетия, тогда как фазовый сдвиг составляет один—два года. Это означает, что отклик в температуре на территории Западной Сибири запаздывает относительно колебания давления в Северной Атлантике на те же один—два года. Такое запаздывание не может быть объяснено только процессами переноса возмущения через атмосферу. Оно характерно для масшта-

бов изменения океанической составляющей климатической системы. Такая же ситуация имеет место и для масштабов 30—40 лет. Выявленные периодичности в двух рядах наблюдений коррелируют между собой с временной задержкой от нуля для коротких периодичностей до семи лет для длинных периодичностей (см. рис. 6, *б*), что указывает на разную природу выявленных корреляций для периодичностей различных масштабов и требует разработки новых подходов к мониторингу и моделированию региональных климатических изменений.

Учеными Лимнологического института с помощью хромато-масс-спектрометрического анализа выявлена высокая сорбционная способность сосновой хвои при аккумуляции полициклических ароматических углеводородов (ПАУ, экотоксиканта 1-го класса опасности) из газовой фазы и из атмосферных аэрозолей. Впервые полученные уровни накопления ПАУ в хвое сосны обыкновенной на территории Прибайкалья (рис. 7) показывают перспективность этого биоиндикатора для мониторинга атмосферных загрязнений и лесных экосистем.

Учеными Института оптики атмосферы обнаружен факт образования аэрозольных наночастиц в свободной атмосфере над континентальными районами. Совпадение слоев нуклеации с уровнями повышенного содержания озона указывает на возможную фотохимическую природу этого процесса и ставит под сомнение известную теорию спонтанной конденсации аэрозольных наночастиц на больших высотах (рис. 8).

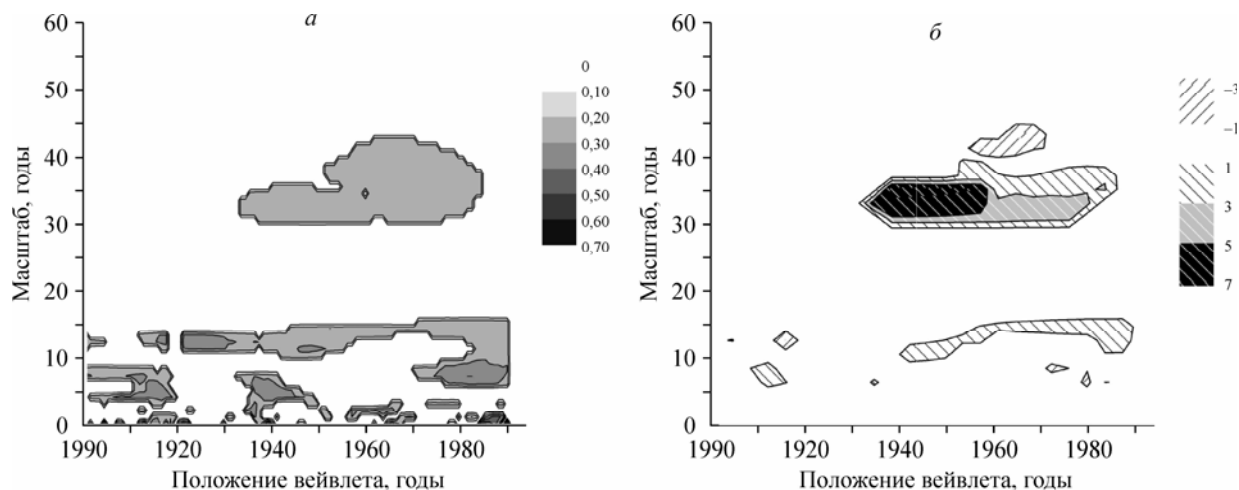


Рис. 6. Коэффициенты корреляции (*a*) и фазовые сдвиги (*б*) вейвлет-спектров.

Fig. 6. Correlation coefficients (*a*) and Phase shifts (*b*) for wavelet spectra.

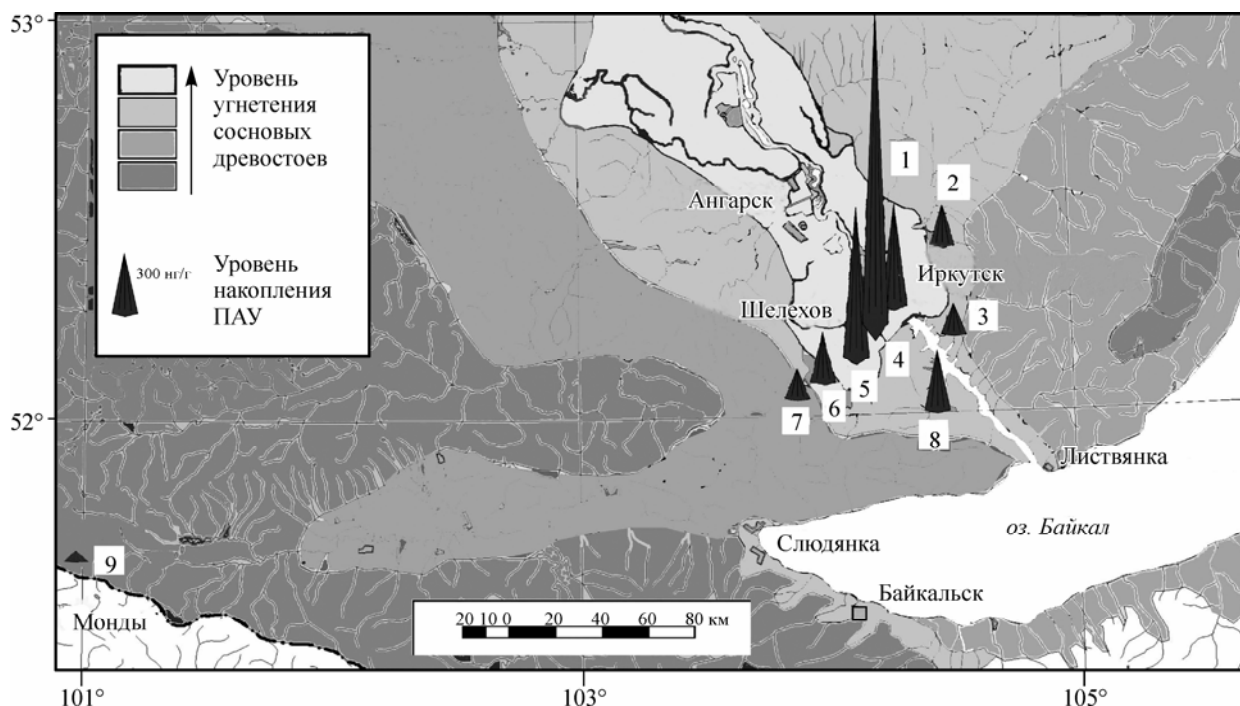


Рис. 7. Уровни накопления ПАУ в хвое сосны на территории Прибайкалья.

Районы отбора проб: 1 — Иркутск, 2 — пос. Глазуново, 3 — Патроны, 4 — пос. Олха, 5 — пос. Баклаши, 6 — пос. Чистые ключи, 7 — пос. Моты, 8 — р. Хейя, 9 — пос. Монды.

Fig. 7. Accumulation of PAH in pine needles in Pribaikal'e.

Sampling sites: 1 — Irkutsk, 2 — village Glazunovo, 3 — Patrony, 4 — village Olkha, 5 — village Baklashi, 6 — village Chistye klyuchi, 7 — village Moty, 8 — river Kheya, 9 — village Mondy.

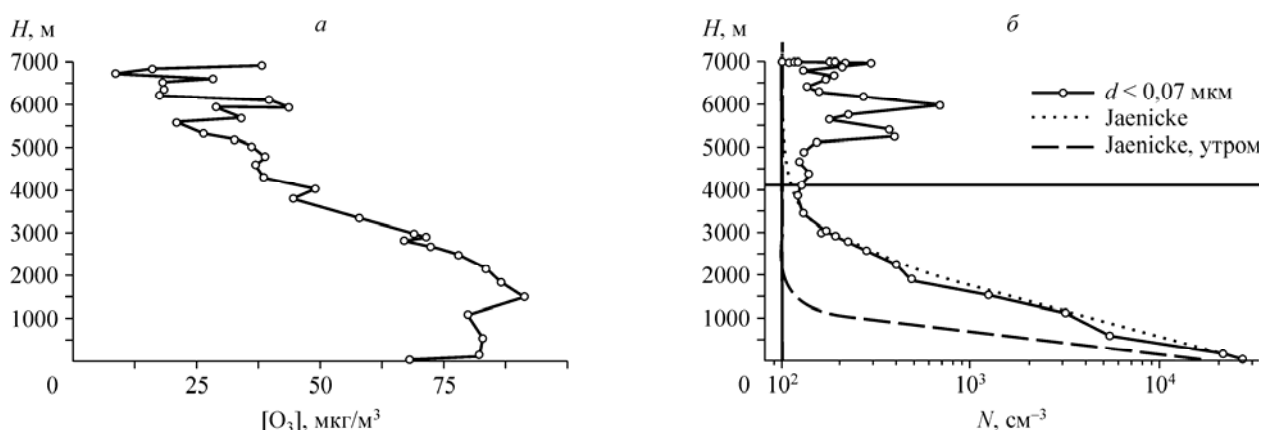


Рис. 8. Вертикальное распределение озона (а) и наночастиц (б) над южными районами Западной Сибири. Jaenicke означает модельный профиль, рассчитанный на основе эмпирической формулы, предложенной немецким ученым R. Jaenicke (1993) и позволяющей рассчитывать вертикальное распределение концентрации аэрозольных частиц, когда в свободной атмосфере не происходит процессов нуклеации (образования новых частиц).

Fig. 8. Ozone (a) and nanoparticle (b) vertical distribution over south areas of West Siberia. The Jaenicke curve shows the model profile calculated on a basis of the empirical formula proposed by a German scientist R. Jaenicke (1993). This formula allows one to calculate the vertical distribution of aerosol particle concentration, when in the free atmosphere the nucleation processes (formation of new particles) do not occur.

**Программа 24.4. Криогенные процессы в естественных и искусственных средах.
Методика мониторинга, моделирования и прогноз состояния криосферы
(Координаторы академик В. П. Мельников, член-корреспондент РАН В. Т. Балобаев)**

В Институте криосферы Земли разработана система геокриоиндикаторов, позволяющая проследить развитие криогенных геологических процессов в течение позднего плейстоцена и голоцена в криолитозоне. Наиболее общим индикатором развития геокриологических условий в прошлом, в истории развития термокарста, являются ритмы и циклы криогенного строения мерзлых толщ (рис. 9), которые при использовании методов геохронологии коррелируются с изменениями климата в геологическом прошлом. Установленные закономерности изменения амплитуды глубины сезонного протаивания при короткопериодных колебаниях климата положены в основу новой

методики оценки чувствительности криолитозоны к изменениям климатических условий и к техногенным воздействиям. На примере Якутии выделены регионы с высокой, средней и низкой чувствительностью к короткопериодным изменениям климата.

На основе картографического моделирования и ГИС-технологий учеными Института криосферы Земли и Института мерзлотоведения построена ландшафтная карта Надымского полигона, эталонного для мониторинга таежных экосистем, находящихся под длительным техногенно-антропогенным воздействием на севере Тюменской области. Она характеризует типы нарушений ландшафтов, развитие гео-

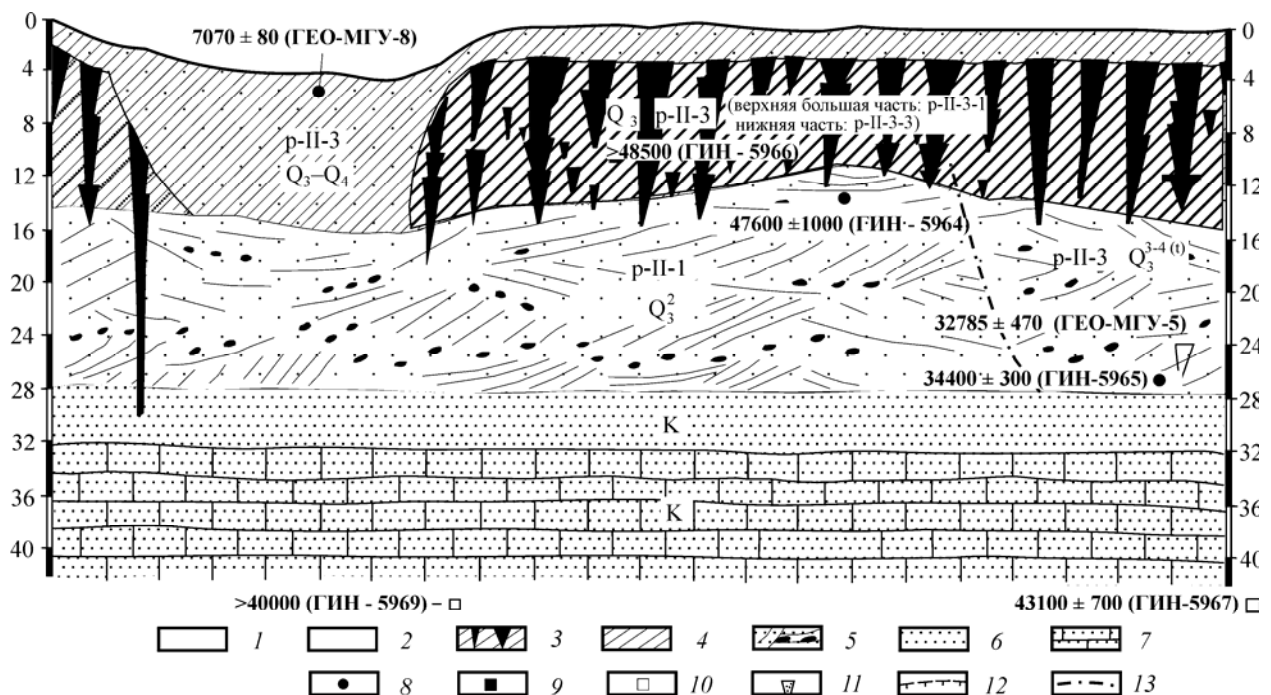


Рис. 9. Разрез перигляциальных флювиальных отложений ледового комплекса в районе р. Вилуй.

1—7 — породы перигляциального флювиального комплекса: 1 — синкриогенные (породы ледового комплекса), 2 — эпикриогенные, 3 — ледяные жилы в породах ледового комплекса, 4 — алевриты, 5 — косослоистые пески с галькой, 6 — пески верхнего мела (цоколь террасы), 7 — песчаники верхнего мела (цоколь террасы); 8—11 — места отбора проб на радиоуглеродный анализ: 8 — древесина *in situ*, 9 — кости *in situ*, 10 — кости на бечевнике, 11 — псевдоморфозы по ледяным жилам; 12 — подошва сезонно-талого слоя, 13 — предполагаемая граница каргинского вреза в районе р. Вилуй.

Fig. 9. The structure of periglacial fluvial sediments of the Ice Complex in the Vilyui River area.

1—7 — sediments of periglacial fluvial complex: 1 — syngenetically frozen (sediments of the Ice Complex), 2 — syngenetically frozen, 3 — ice wedges in sediments of the Ice Complex, 4 — silts, 5 — cross-bedded sands with pebbles, 6 — Late Cretaceous sands (exposed in the sole of terrace), 7 — Late Cretaceous sandstones (exposed in the sole of terrace); sites of sampling on the radiocarbon analysis, 8 — wood *in situ*, 9 — bones *in situ*, 10 — bones on the beach, 11 — ice-wedge casts, 12 — Permafrost table (base of the active layer); 13 — expected boundary of erosional valleys of Karga age in the area of Vilyui River.

криологических процессов в зоне сильных увеличений среднегодовых температур воздуха и показывает, что новообразования мерзлоты, просадки, пучение отмечаются как в естественных, так и в нарушенных ландшафтах; просадки, термокарст, заболачивание, термоэрозия приурочены к зоне техногенно-антропогенных нарушений. Установлено, что на нефтегазовых объектах Западной Сибири и стационарах Центральной Якутии геокриологические процессы и условия имеют разную направленность при увеличении температур воздуха. Выявлен различный вклад природных и антропогенных факторов в изменение региональных климатических и локальных геокриологических условий.

В Институте криосферы Земли изучено поведение гидратов природного газа Уренгойского месторождения (Западная Сибирь) при атмосферном давлении в интервале начальных температур образцов гидратов 283—263 К. Показано, что, как и в случае с «самоконсервацией» гидратов метана, диссоциация гидратов природного газа при $T < 268$ К и $P = 1$ атм протекает с аномально низкой скоростью. Обнаружено, что на скорость диссоциации гидратов влияет исходная степень превращения во-

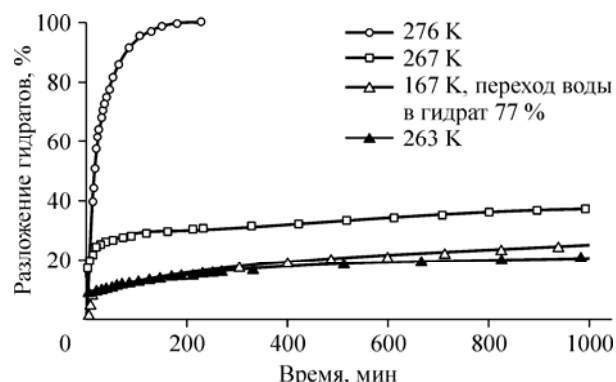


Рис. 10. Кинетика диссоциации гидрата природного газа при разных температурах эксперимента.

Fig. 10. Kinetics of natural hydrates dissociation at different temperatures.

ды в гидрат — с ее уменьшением скорость диссоциации заметно понижается (рис. 10). Полученные данные не только важны для понимания механизма диссоциации газовых гидратов при атмосферном давлении, но и могут быть использованы при разработке способов хранения природного газа в форме газовых гидратов с использованием явления аномальной скорости их диссоциации при атмосферном давлении и отрицательных температурах.