

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПО ГОСБЮДЖЕТНЫМ ПРОЕКТАМ

Приоритетное направление 7.9. Динамика и охрана подземных и поверхностных вод. Ледники. Проблемы водообеспечения страны.

Программа 7.9.1. Изучение гидрологических и экологических процессов в водных объектах Сибири и разработка научных основ водопользования и охраны водных ресурсов (с учетом антропогенных факторов и изменений климата) (координаторы: ак. О.Ф. Васильев, ак. М.А. Грачев).

Проект 7.9.1.4. Гидрологические и экологические процессы в реках, озерах и водохранилищах, разработка научных основ использования и охраны водных ресурсов Сибири (научн. рук. ак. О.Ф. Васильев, д.г.н., проф. Ю.И. Винокуров; отв. исп. к.б.н. В.В. Кириллов, к.т.н. А.А. Атавин).

Математическое моделирование русловых процессов является базовым инструментом при изучении гидрофизических и экологических процессов в реальных речных системах, при подготовке и обосновании проектных и управленческих решений. Аналитический обзор состояния исследований по математическому моделированию динамики потоков в многорукавных речных системах показал, что наиболее распространенные одномерные математические постановки теряют свою эффективность в сложных ситуациях, не позволяют адекватно учитывать эффекты извилистости и меандрирования русел, углов сопряжения водотоков, влияния пойменных массивов, трансформации топологии русловой сети. Используемые в настоящее время математические модели плановых течений, основанные на уравнениях Сен-Венана, также недостаточно эффективно работают в случае сложной геометрии русловой сети, например, при описании взаимодействия руслового потока с поймой. Разработанная в ИВЭП СО РАН математическая модель нестационарных плановых течений, базирующаяся на двумерных уравнениях Сен-Венана, включает дополнительные слагаемые, описывающие процесс планового турбулентного обмена (в случае выраженного руслового характера потока ведущим механизмом является поперечный турбулентный обмен) и оказалась эффективной при описании течений и процессов переноса примесей в морфологически сложных русловых системах. Численная реализация этой модели осуществлена на основе полностью неявных схем (в том числе и при аппроксимации конвективного переноса), обладающих большим запасом устойчивости. При конечно-разностной аппроксимации базовых уравнений Сен-Венана используется так называемые TVD (Total Variation Diminishing)-схемы неосциллирующих интерполянтов, обеспечивающие 2-ой и 3-й порядок точности, неотрицательность ряда искомых величин (толщины слоя воды на мелководье, концентрации примесей, температуры в градусах Цельсия), выполнение фундаментальных законов сохранения. Используемая конечно-разностная схема обеспечивает возможность прямого описания турбулентных крупных вихрей, генерируемых на границах резкого изменения геометрии (морфометрии) русла или сопряжения его с поймой. Проведен анализ энергетического цикла в системе "русло-пойма", численно показана возможность реализации явлений противогradientного переноса, известных как феномен "отрицательной вязкости". Как программный продукт модель ("Численная гидродинамическая модель плановых течений, переноса примесей и русловых деформаций в водоемах и водотоках") зарегистрирована в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. На основе этой модели проведены расчеты для исследования русловых процессов и течений на участках

сибирских рек. Так, изучен расходно-уровенный режим и динамика наносов в р. Обь в районе г. Барнаула. Результаты компьютерного моделирования позволили получить скоростную структуру речного потока, выявить характер взаимодействия потока и русла при разных расходах воды, уточнить основные тенденции развития русловых процессов, определить расположение зон локального размыва и заиления (рис. 1). Проведенное сопоставление расчетных и фактических параметров течения показало адекватность результатов компьютерного моделирования характеру протекающих в реальных условиях процессов (рис. 2).

Для моделирования ярко выраженных одномерных потоков разработан экономичный одномерный вариант компьютерной модели нестационарных русловых процессов в речной системе.

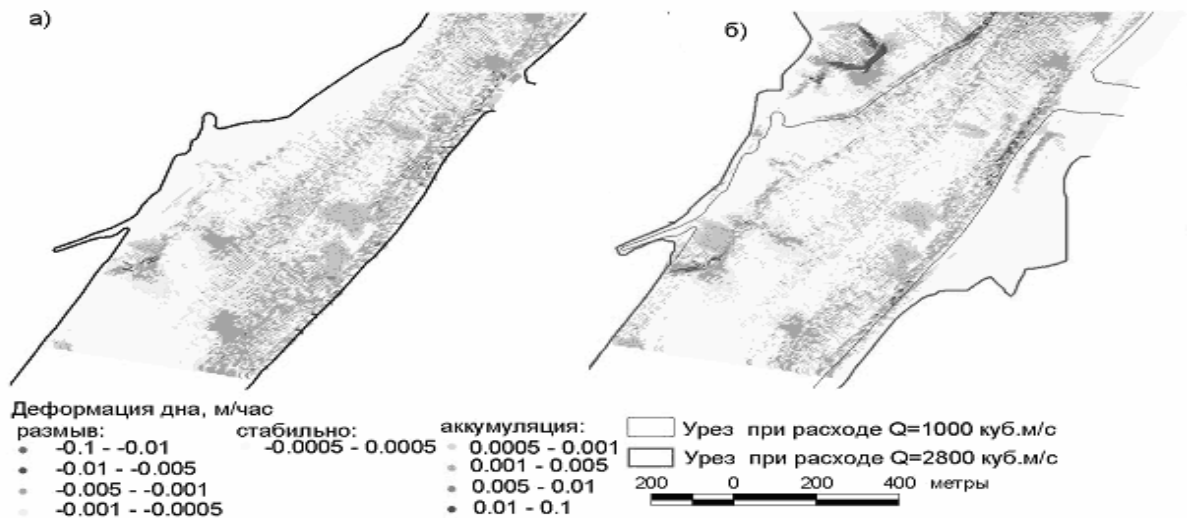


Рис. 1. Рассчитанные деформации дна в естественных (бытовых) условиях: а) при меженном расходе $Q=1000 \text{ м}^3/\text{с}$; б) при руслоформирующем расходе $Q=2800 \text{ м}^3/\text{с}$.

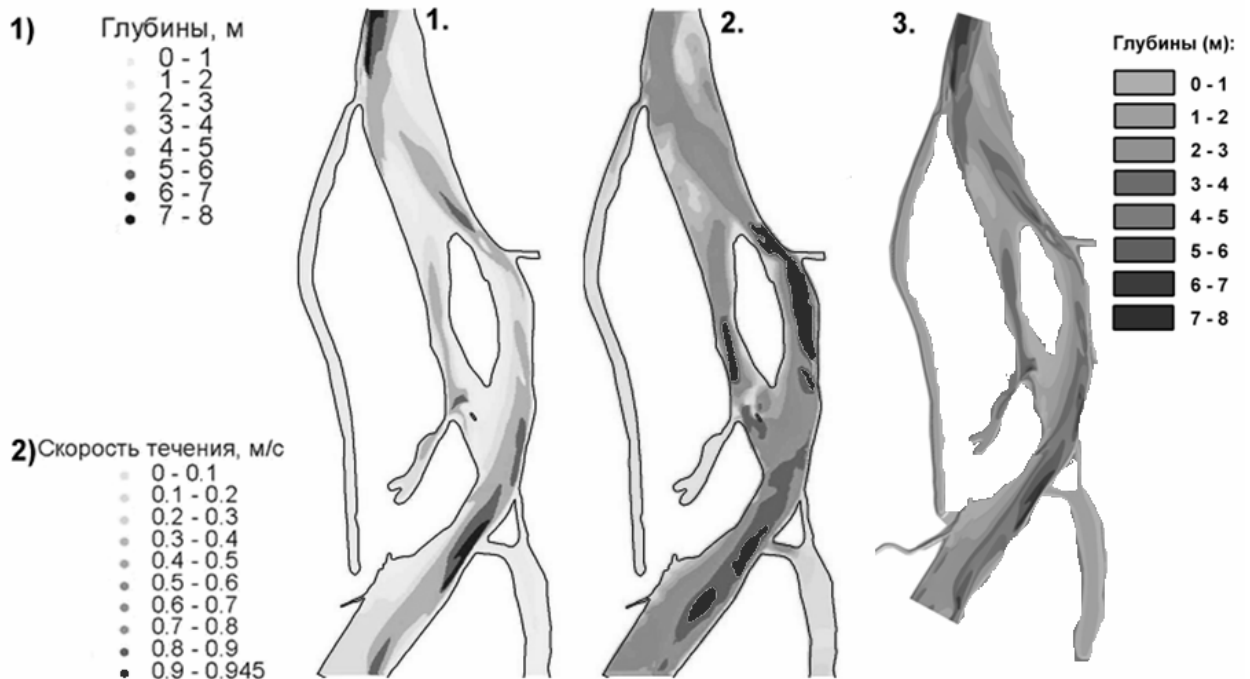


Рис. 2. Рассчитанные глубины и скорости речного потока на участке р. Обь у г. Барнаула при меженном расходе ($q=1000 \text{ м}^3/\text{с}$) в естественных (бытовых) условиях (1, 2).

Наблюдаемые глубины на том же участке при меженном расходе по данным русловой съемки (3).

Разработана универсальная база данных, содержащая результаты наблюдений по метеорологическим, гидрохимическим, гидрологическим, гидробиологическим показателям, сведениям об использовании поверхностных вод и данные о подземных водах (рис. 3). База данных объединяет результаты наблюдений в период с 1903 по 2006 гг., проведенные на Телецком озере и связанные с ним реках. Она представляет собой совокупность реляционных таблиц в формате MS Excel, MS Access и MS Word, где каждое отдельно взятое наблюдение (гидрохимический показатель или параметр обилия каждого вида в конкретной гидробиологической пробе) информационно связано со спецификацией водоема, координатами и характеристиками точки отбора проб (географический аспект), а также датой проведения экспедиции (временной аспект).

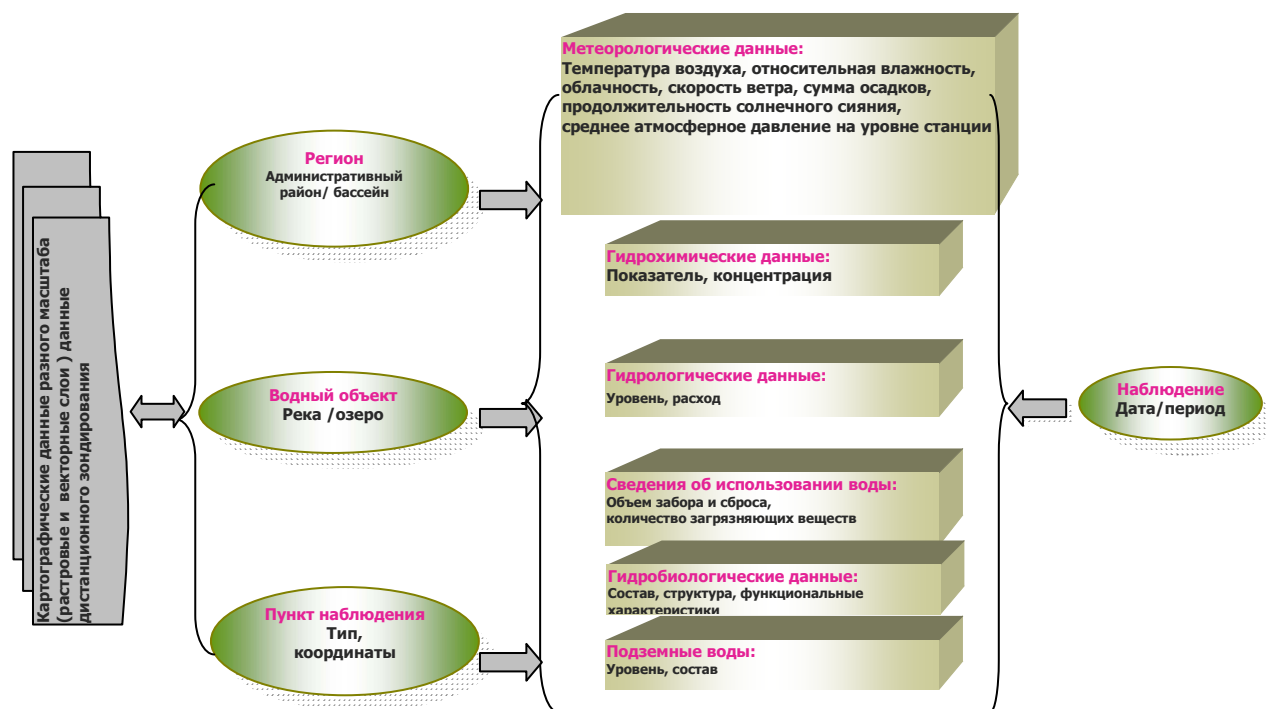


Рис. 3. Структура базы данных ИВЭП СО РАН

С использованием разработанной базы данных по обобщенным за 1903-2004 гг. данным проанализирован фаунистический спектр зообентоса в Телецком озере. Установлено, что он включает 381 вид, 223 рода, 83 семейства, 21 отряд, 10 классов и 6 типов беспозвоночных. Богатство донной фауны Телецкого озера существенно ниже, чем в оз. Байкал и соответствует уровню глубоких олиготрофных озер севера Европы (Ладожское и Онежское). Донную фауну Телецкого озера в основном формируют виды, широко распространенные на севере Голарктики. Доля эндемиков (в ранге вида) не превышает 3%. Максимальные значения таксономического разнообразия, численности и биомассы донных беспозвоночных отмечены в заливах и защищенных от ветра, зарастающих макрофитами мелководных участках озера, минимальные – в профундали и подверженной ветро-волновому воздействию литорали. Средние за июль 1999 г., июль-август 2000 г., июнь и август 2004 г. значения численности и биомассы зообентоса литорали широтной части озера составляли 2,0 тыс. экз./м² и 2,8 г/м², на литорали меридионального участка озера зообентос - 1,7 тыс. экз./м² и 1,4 г/м². В sublиторали озера зообентос развивается более равномерно, с доминированием представителей сем. Tubificidae и п/сем. Chironominae.. Средние за июль-сентябрь 2000 г. численность и биомасса составили 1,0 тыс. экз./м² и 2,7 г/м². В профундали доминируют грунтоядные черви из сем. Tubificidae и сем. Nematodidae; с численностью в среднем для озера в июле-сентябре 2000 г. 0,6 тыс. экз./м² и биомассой - 1,1 г/м². С использованием

батиметрической карты 2001 г., по данным за летние месяцы 1999, 2000 и 2004 гг. была рассчитана суммарная биомасса зообентоса Телецкого озера, составившая 360 т, из которых 73% образуют малощетинковые черви. Профундаль содержит 54% общей биомассы зообентоса озера, сублитораль – 34%, литораль – 12% (рис. 4). Учитывая определяющее значение олигохет в формировании донных сообществ на большей площади дна Телецкого озера, при экологическом мониторинге водоема в целом и, в особенности, его глубоководных участков рекомендуется использовать олигохетные индексы Цанера и Бринкхурста. Для мониторинга литорали рекомендуется использовать индексы Гуднайта и Уитлея, Балушкиной, Цанера и Шеннона.

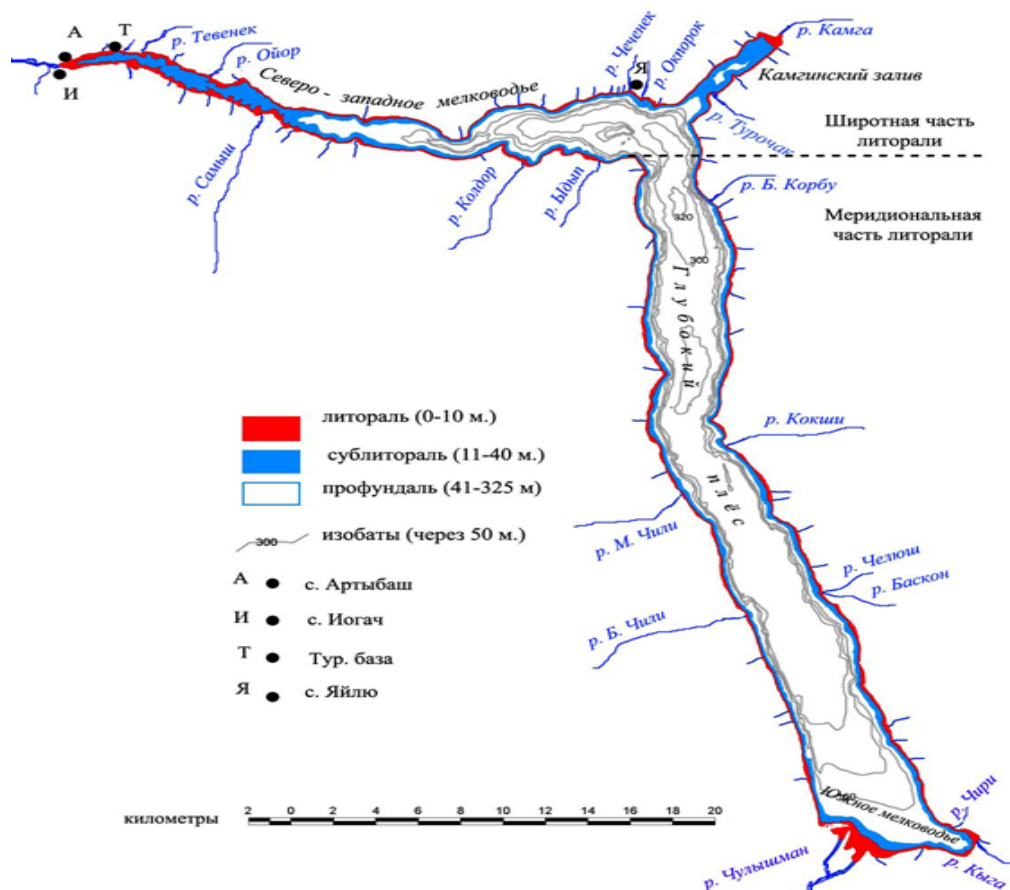


Рис. 4. Карта глубин Телецкого озера с выделением участков литорали, сублиторали и профундаля

Изучено качество воды р.Оби в районе г.Барнаула. Анализ данных по содержанию фотосинтетических пигментов за 1993-2007 гг. показал, что этот участок относится к мезотрофному с единичными случаями повышения концентрации хлорофилла на наиболее загрязненных участках до уровня эвтрофных водотоков. Прослеживается тенденция к повышению трофического статуса в межгодовом аспекте. В сезонном аспекте были отмечены значительные колебания, обусловленные повышением продуктивности планктонных сообществ реки в течение вегетационного периода (рис. 5).

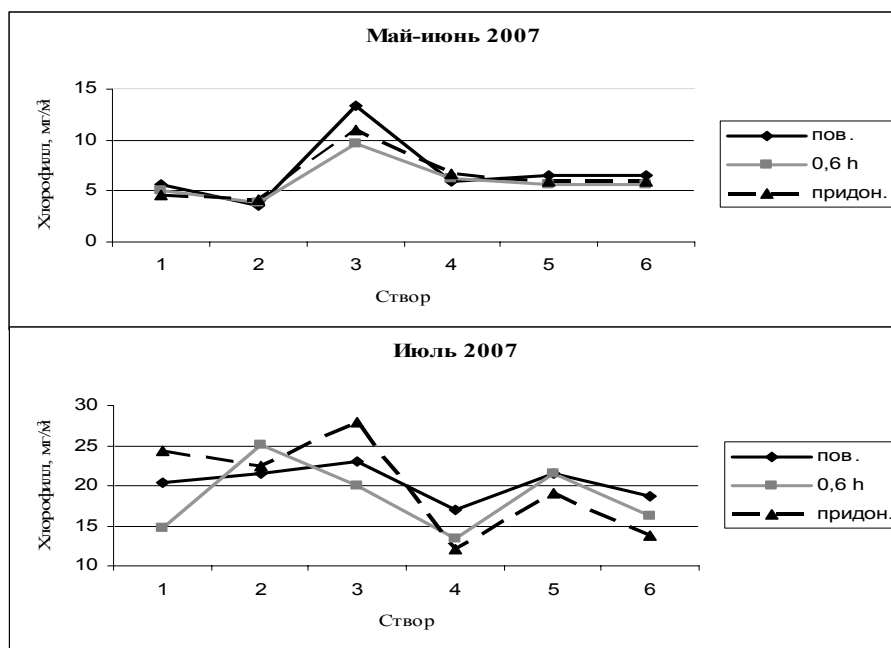


Рис. 5. Содержание хлорофилла "а" в фитопланктоне р. Оби в районе г. Барнаула в 2007 г.

По наиболее часто встречающимся величинам концентрации хлорофилла качество речной воды относится ко II-III классам, разрядам 2а, 2б и 3а - «очень чистая» - «достаточно чистая». В устье затона Ковш в период летне-осенней межени 2005-2006 гг. содержание пигмента достигало значений, характерных для вод IV класса - «загрязненные», разряда «сильно загрязненные». В соответствии с классификацией по зонам кризисности экосистема р. Оби в районе крупного промышленного центра способна к самоочищению.

Приоритетное направление 7.10. Физические и химические процессы в атмосфере и на поверхности Земли. Механизмы формирования и изменения климата, проблемы криосферы.

Программа 7.10.1. Интегрированные исследования природно-климатических изменений и связанных с ними рисков природопользования в Сибири (координатор чл.-к. РАН М.В. Кабанов).

Проект 7.10.1.4. Ландшафтно-водно-экологические исследования, оценка и прогноз рисков в природопользовании Сибири (научн. рук. д.г.н., проф. Ю.И. Винокуров; отв. исп. д.ф.-м.н., проф. И.А. Суторихин, к.г.н. И.Н. Ротанова).

Для исследования общей пространственно-временной картины переноса и трансформации атмосферной влаги и обнаружения региональных особенностей поведения метеоэлементов и составляющих влагооборота проведены:

- корреляционный анализ индекса Северо-Атлантического колебания (NAO) со среднегодовыми значениями температуры и осадков в различных климатических зонах Алтайского края за период 1960-2000 гг.;

- корреляционный анализ основных составляющих влагооборота (облачности, относительной влажности, осадков, температуры) для различных природно-климатических зон Алтайского края за период 1960-2000 гг.

Выявлена тесная связь индекса NAO с аномалиями среднегодовой температуры воздуха (коэффициент корреляции 0,6-0,8) и неоднозначная связь с аномалиями годовой суммы осадков (коэффициент корреляции равен 0,6 для равнинных районов и (-0,4) для предгорных) (рис. 6). Подтверждается влияние глобальной циркуляции на мезомасштабные атмосферные процессы, однако сложный рельеф местности обуславливает их региональные особенности.

Корреляционный анализ основных составляющих влагооборота (облачности, относительной влажности, осадков, температуры) показал наличие линейной корреляционной связи (0,79-1,0) для перечисленных метеопараметров в большинстве климатических зон края. Исключение составляют предгорные районы, где коэффициенты корреляции не превышают 0,67, что является следствием влияния рельефа данной местности.

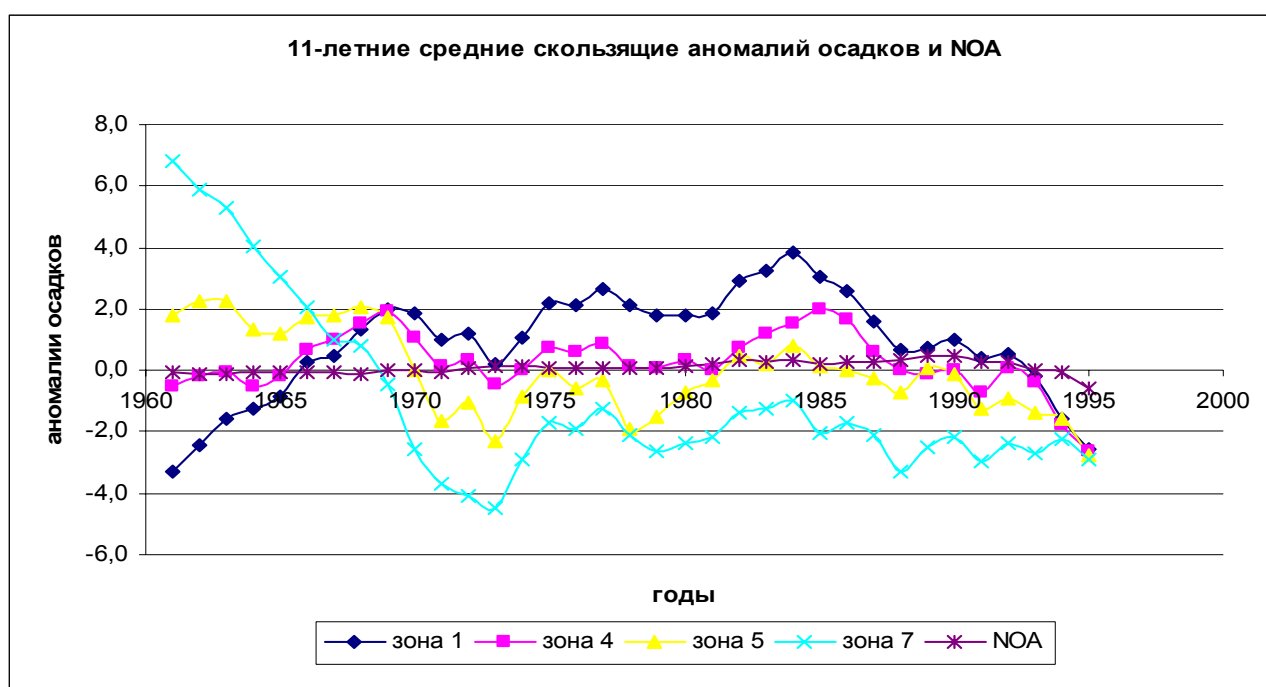


Рис. 6. Сравнение 11-летних средних скользящих аномалий осадков различных климатических зон Алтайского края и NAO:

зона 1 – Славгород, Ключи; зона 4 – Ребриха, Баяново, Камень; зона 5 – Барнаул, Бийск; зона 7 – Змеиногорск, Солонешное, Чарышское

Изучена возможность применения данных спутникового зондирования для количественной оценки вертикальных профилей и пространственного распределения содержания влаги в атмосферном воздухе на различных высотах. Получены данные о влагосодержании и температуре воздуха при обработке результатов спутниковых измерений зондирующим комплексом AIRS (рис. 7-8). Для построения профилей температуры и влажности используются значения этих параметрах на высотах, соответствующих значениям давления 1000, 925, 850, 700, 600, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20, 15, 10, 7, 5, 3, 2, 1,5, 1,0, 0,5, 0,2, 0,1 мБар, соответственно.

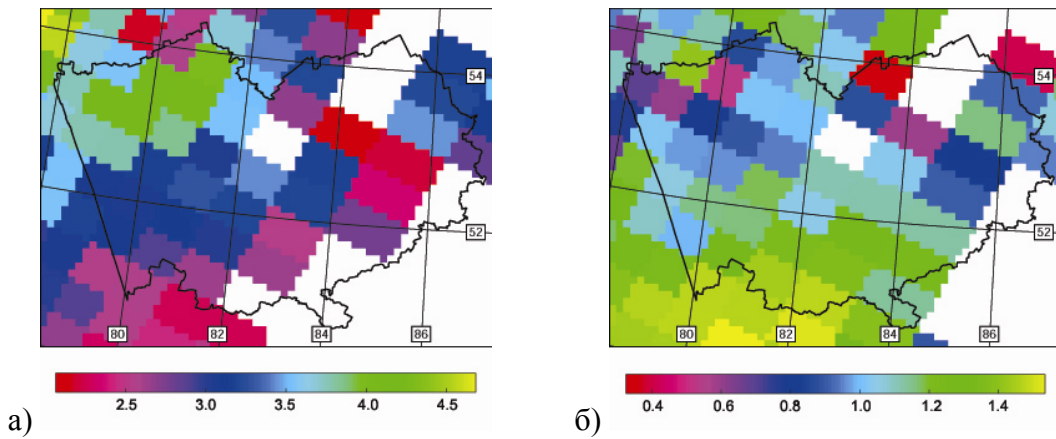


Рис. 7. Пространственное распределение содержания влаги в воздухе (H_2O , г/кг) на уровнях 1000мБар (а) и 700мБар (б). 31 мая 2007г.

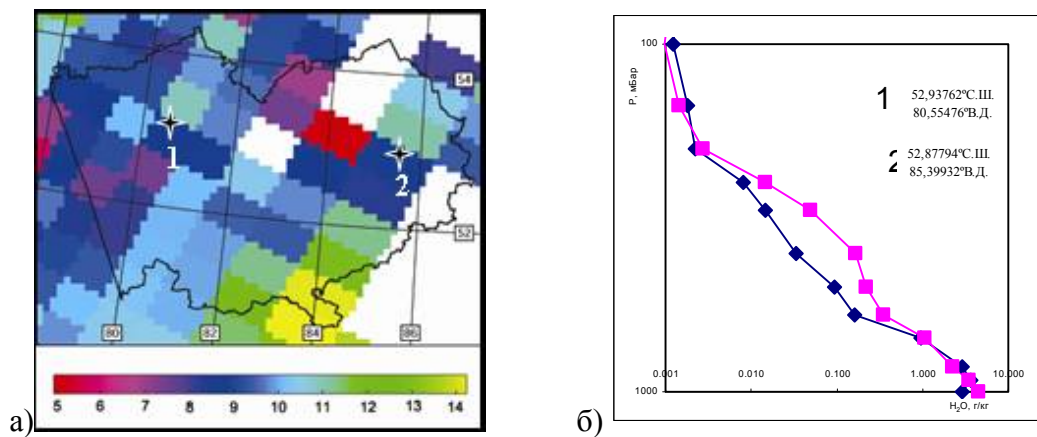


Рис. 8. Пространственное распределение общего влагосодержания атмосферы [а] (H_2O , kg/m^2) и вертикальные распределения содержания влаги для точек 1 и 2 [б] (H_2O , г/кг). 31 мая 2007г.

Выявлены основные закономерности формирования поверхностного стока малых водосборов от метеорологических характеристик. В основных стокоформирующих бассейнах Алтая (низкогорье и среднегорье) основная масса стекающих поверхностных вод формируется вследствие таяния сезонного снега. Талый сток формирует не только весеннее половодье, но и оказывает подавляющее влияние на сток летне-осеннего периода (табл. 1).

Таблица 1

Изменение среднееголетних составляющих водного баланса бассейна реки Локтевка – п. Курья теплого периода (апрель-октябрь) при изменении максимальных снегозапасов. Температуры и осадки теплого периода постоянны. $F=1020 \text{ км}^2$

Снежность	X, мм	ΔX , %	Y, мм	ΔY , %
0,5	435,2	-23,7	94,5	-56,3
0,8	516,3	-9,5	161,3	-25,4
1,0	570,3	0,0	216,2	0,0
1,2	597,3	+9,5	245,7	+29,4

1,5	624,3	+23,7	279,7	+84,8
-----	-------	-------	-------	-------

Жидкие осадки, выпадающие на спаде половодья и за вторую половину лета (после половодья), затрачиваются, в основном, на потери: испарение, поверхностное задержание и инфильтрацию.

Поверхностный сток равнин зависит не от максимальных снегозапасов, а от осеннего увлажнения (табл. 3).

В более влажных водосборах (Барнаулка, X годовое = 420 мм) реакция водосбора на изменение осадков проявляется с меньшей интенсивностью, чем в сухих (Суетка, X годовое = 270 мм).

Таблица 3

Изменение поверхностного стока за балансовый год при изменении осадков балансового года (изменение осадков показано в виде увеличения или уменьшения их годовой суммы). Река Суетка – с. Нижняя Суетка. F=692 км²

ΔX , мм	X	ΔX	$Y_{расчетное}$	$\Delta Y_{расчетное}$
	мм	%	мм	%
+200	469,8	+74,1	24,33	+177,7
+100	369,8	+37,1	18,27	+108,6
+50	319,8	+18,5	12,99	+48,3
0,0	269,8	0,0	8,76	0,0
-50	219,8	-18,5	5,63	-35,7
-100	169,8	-37,1	3,15	-64,0
-150	119,8	-55,6	1,00	-88,6

Контрастная геохимия коры выветривания и биогеохимия почвенного покрова физико-географических провинций Алтая в системе высотной поясности и различные антропогенные нагрузки обуславливают значительную вариабельность концентраций элементов в поверхностных водах.

Поверхностных воды изученной территории, как правило, характеризуются очень низким содержанием растворенных форм металлов. Исключение составляют реки Северо-Западного Алтая, в которых отмечено превышение ПДК по кадмию, что связано с внесением в пахотные почвы их водосборных бассейнов фосфорных удобрений, в которых кадмий содержится в больших количествах в качестве примеси. Максимальные концентрации Cd, Cu, Ni, Pb, Zn и V выявлены в водах рек Северо-Западной провинции что, вероятно, связано с влиянием многочисленных месторождений полиметаллических руд и их ореолов рассеяния (рис. 9).

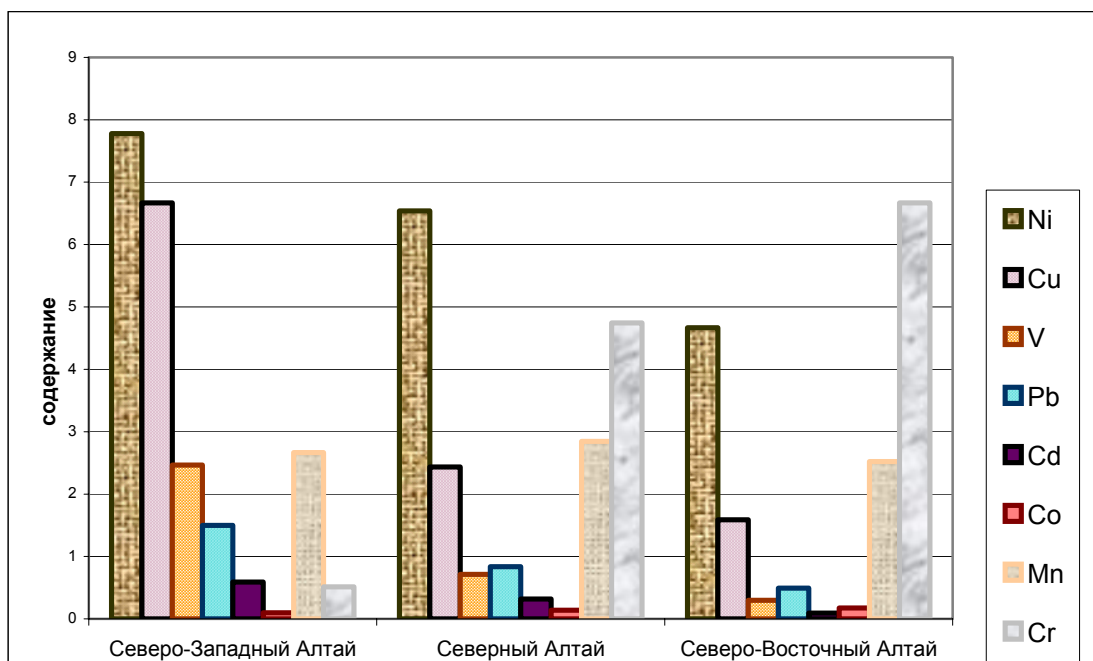


Рис. 9. Среднее содержание растворенных форм тяжелых металлов в поверхностных водах различных физико-географических провинций Алтая (мкг/л)

Наименьшие концентрации растворенных форм Cd, Cu, Pb, Zn, V характерны для водоемов с наиболее низкой минерализацией – рек и озер Северо-Восточного Алтая. Некоторые реки провинции (р. Иша, р. Самыш) отличаются повышенным содержанием железа (1-2 ПДК) и марганца, поскольку дренируют ландшафты с высоким содержанием подвижных форм этих элементов – черневую тайгу с кислыми почвами под марганцефильной растительностью. В реках Северо-Восточного Алтая обнаружено достоверно более высокое содержание хрома.

Выявлен высокий уровень содержания металлов во взвешенном веществе рек Алтая, что обусловлено интенсивным химическим выветриванием в условиях гумидных ландшафтов и активным образованием вторичных минералов формирующих тонкодисперсные фракции взвешенного вещества.

Разработана методика среднемасштабного геоинформационного водно-экологического картографирования в условиях недостаточной обеспеченности информацией с использованием косвенных данных, характеризующих прямое и опосредованное антропогенное воздействие на поверхностные воды.

На основе разработанной методики составлена оригинальная серия инвентаризационных и оценочных карт территории Алтайского края и модельного бассейна р. Алей и проведен ландшафтно-экологический анализ формирования водных ресурсов и водно-экологической обстановки на региональном и локальном уровнях, который выявил (рис. 10).

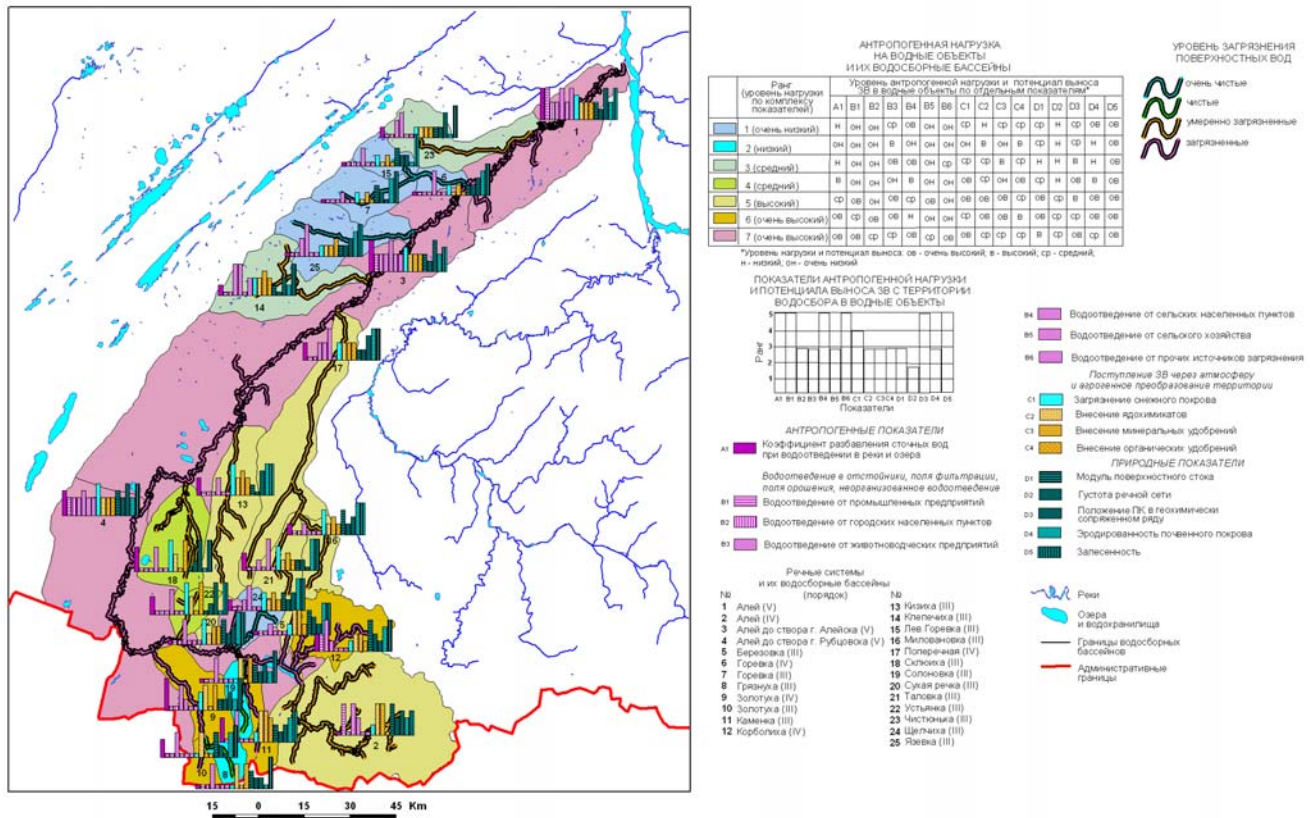


Рис. 10. Комплексная карта водно-экологической обстановки бассейна р. Алей

Проект 7.10.1.5. Региональное природопользование в Сибири с учетом ландшафтной дифференциации территории и экологических ограничений (научн. рук. д.б.н., проф. А.В. Пузанов, д.г.н., доц. Б.А. Красноярова).

Создана электронная картосхема физико-географического районирования территории Западной Сибири на уровне провинций, а для Юга Западной Сибири – подпровинций на топографической основе 1 000 000 масштаба, разработана структура ландшафтно-индикационной базы данных, которая отражает территориальную дифференциацию по отдельным компонентам природы и видам природопользования.

На основе анализа климатических характеристик региональных природных комплексов, выявлена дифференциация показателей на уровне физико-географических районов, отражающая территориальную цикличность климата и влияющая на характер природопользования. В таблице приведен фрагмент климатических характеристик Ишимской лесостепной провинции, расположенной между Теке-Кызылтакской степной и Ашлыкской подтаежной провинциями.

Таблица 4

Основные климатические характеристики региональных природных комплексов Западной Сибири (районы Юга Западной Сибири)

Провинция	Районы	Годовое количество осадков, мм	Средняя температура, °С		Абсолютный минимум температур воздуха января, °С	Высота снежного покрова, см	Сумма температур выше +5°С, °С	Сумма температур выше +10°С, °С
			Января	Июля				
Ишимская лесостепная	35. Камышловский южнолесостепной	280-330	-19,0-19,5	+18,5-19,0	-46-48	25-30	2250-2300	2000-2150
	36. Мокроусовский северолесостепной	330-370	-18,5-19,0	+18,0-18,5	-47-49	30-40	2150-2240	1850-1950
	37. Называевский северолесостепной	340-360	-18,0-19,0	+17,0-18,0	-46-48	25-30	2150-2250	1900-1950
	38. Тюкалинский северолесостепной	350-400	-19,5-20,0	+17,5-18,0	-47-49	30-40	2100-2200	1800-1900

Разработаны структурно-логические модели функционирования индустриально-урбанизированных систем – крупных городов Сибири, учитывающие на входе – вещества, поступающие в город в виде сырья, ресурсов и пищевых продуктов, на выходе – выбросы в атмосферу, промышленные и бытовые стоки в природные воды, отходы, поступающие на городские свалки (рис. 1). На основе анализа моделей выявлены основные лимитирующие факторы развития городов: концентрация населения и производства, экологическая опасность и токсичность отдельных промышленных отраслей и предприятий, аккумуляция и синергизм загрязнений.

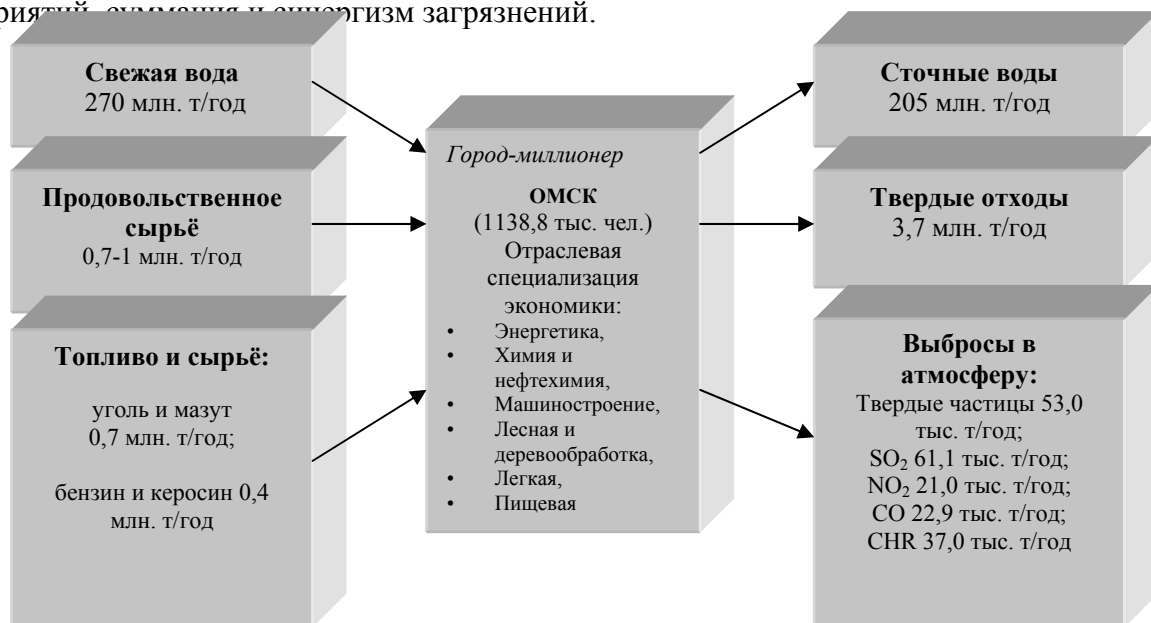


Рис. 11. Структурно-логическая модель функционирования экосистемы города Омска

В городах с высокой долей в водоснабжении поверхностных источников проведён расчёт обеспеченности населения водой питьевого качества, который показывает, что в современных условиях технологического процесса водоподготовки численность населения Омска, Новосибирска, Рубцовска и Алейска превысила критический (допустимый) уровень (рис. 12).

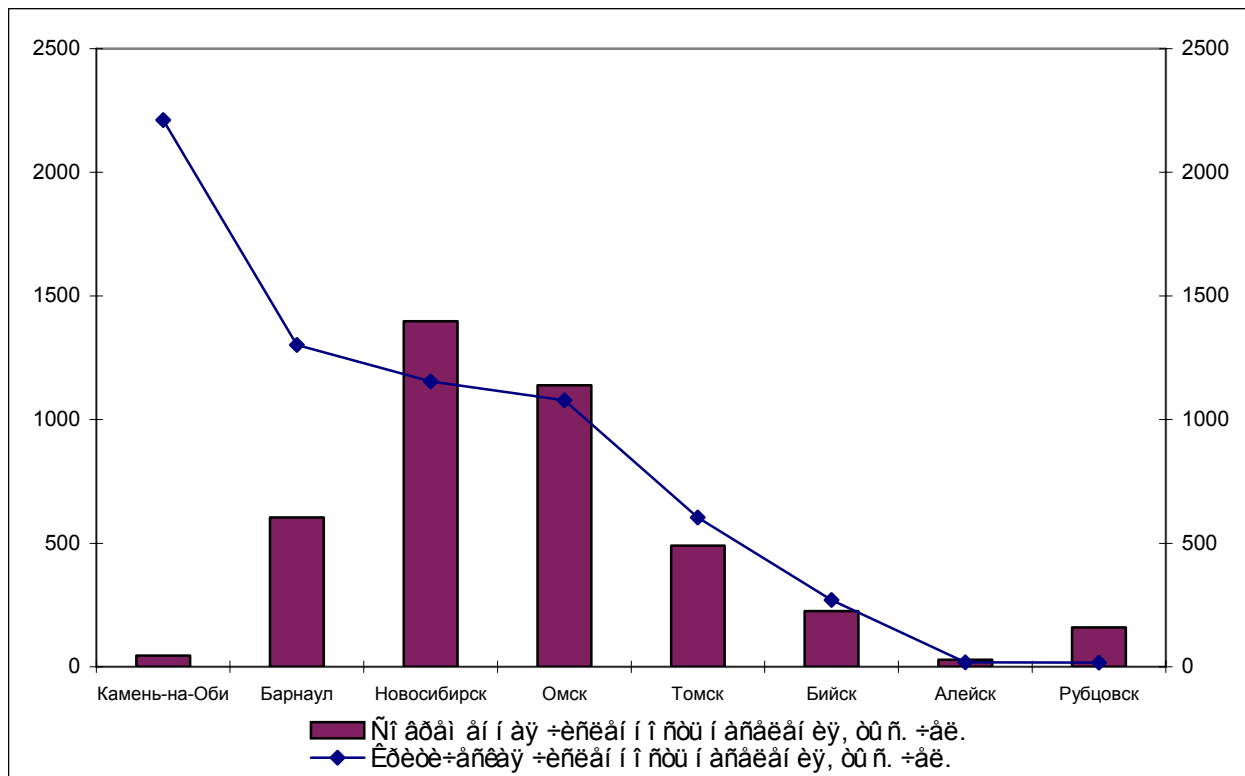


Рис. 12. Соотношение современной и критической численности населения некоторых городов Сибири. Лимитирующий фактор развития города – вода питьевая из поверхностных водных источников

Установлены особенности распределения антропогенных нагрузок (по структуре землепользования) в степных агроландшафтах юга Западной Сибири (оценка выполнена в разрезе сельских административных районов субъектов Сибирского федерального округа): наиболее высока степень сельскохозяйственной освоенности и распаханности Омского Прииртышья – 90,7% и 85,1% соответственно (распашке здесь подвергаются даже неудобные земли); средней степенью сельскохозяйственной освоенности и распаханности – 75,5% и 67,6% - характеризуются районы Алтайского края; в степной зоне Новосибирской области - самая низкая (73,3% и 49,1%).

Установлено, что за период 1990-2007 гг. практически во всех регионах Сибири произошло снижение физических объёмов и промышленного, и сельскохозяйственного производства, не приведшее к адекватному сокращению загрязнения и уменьшению деградации природных объектов. Более того, на большинстве наблюдаемых створов в сельских населённых пунктах констатируется характерная загрязненность поверхностных вод легкоокисляемой органикой (по БПК₅), что является закономерным следствием смыва отходов животноводства в открытые водоёмы. Указанной тенденции способствует и то обстоятельство, что за рассматриваемый период существенно изменилось поголовье скота и характер его содержания: 49,8% КРС, 55,5% свиней, 54,7% овец – приходится на хозяйства населения, что приводит, во-первых, к деградации пастбищных угодий вокруг населённых пунктов и, во-вторых, накоплению отходов в них.

Рассчитан комплексный метеорологический показатель самоочищения атмосферы (К_М) для крупных межгорных (внутригорных) котловин Алтае-Саянской горной области. Расчёты показали, что крайне неблагоприятные условия для рассеивания загрязняющих веществ сложились в Зырянской, Чуйской, Урскульской и Тувинской котловинах.

Выявлено, что по уровню сейсмичности и частоте возникновения сильных землетрясений южные районы Западной Сибири резко неоднородны. Повышение уровня сейсмической активности отмечается в направлении с севера на юг. Омоложение палеосейсмогенных деформаций отмечается в направлении с востока на запад, с севера на юг. Особенностью рассматриваемая территория является их высокий сейсмический потенциал, но сильные землетрясения в регионе происходят относительно редко, и имеющиеся к настоящему времени знания о периодичности их проявлений, фактически находятся на начальном этапе их формирования.

Изучены процессы зимнего галогенеза в Барабинской равнине (в районе оз. Чаны). Исследования показали, что процессы переноса солей не затухают и в зимний период и через мерзлый слой происходит их поступление в снег. Главным механизмом такого солепереноса следует считать диффузный вынос солей с глубинной изморозью под воздействием термо- и концентрационного градиентов, который назван зимним выпотным режимом почв.

В результате изучения озер Барабинской равнины установлено, что наиболее чутко реагируют на изменение водности года остаточные и водораздельные озера: во влажные годы уже усохшие озера снова заполняются водой (оз. Долгое, Левое Поляново, Малое Солёное и др.). Основной водоприток осуществляется в весенний период от таяния снега (поверхностный и внутрипочвенный сток). Выявлена асинхронность режима бессточных озер. Функционирование даже соседних озер нередко идет в противофазе. Это обусловлено комплексом причин: особенностями геолого-гидрогеологического строения, спецификой водосборной поверхности.

Приоритетное направление 4.5. Проблемы создания глобальных и интегрированных информационно-телекоммуникационных систем и сетей. Развитие технологий GRID.

Программа 4.5.2. Разработка научных основ распределенной информационно-аналитической системы на основе ГИС и Веб-технологий для междисциплинарных исследований (координатор ак. Ю.И. Шокин).

Проект 4.5.2.8. Информационно-аналитическая система «Вода и экология Сибири» (научн. рук. д.ф.-м.н., проф. И.А. Суторихин; отв. исп. к.г.н. И.Н. Ротанова, с.н.с. О.В. Ловцкая).

Разработан новый метод содержательного поиска естественных объектов в базе данных космических изображений высокого и сверхвысокого разрешения на основе использования характеристик текстурного анализа.

Метод базируется на вычислении множественных парных взаимодействий отдельных элементов и мер сходства текстурных образцов, близких по содержанию и визуальному восприятию, и использует предположение о том, что два полутоновых образца представляют текстуру одного и того же содержания, если они имеют одинаковые или близкие распределения маргинальных вероятностей сигналов и гистограммы различий сигналов в парах элементов растра, принадлежащих одним и тем же семействам взаимодействующих элементов. Формализованные признаки визуального восприятия являются параметрами марковской гиббсовской модели, что позволяет в дальнейшем развивать предложенный метод в рамках байесовского подхода нахождения максимально-правдоподобных оценок визуального поиска по заданному образцу (рис. 13, 14).

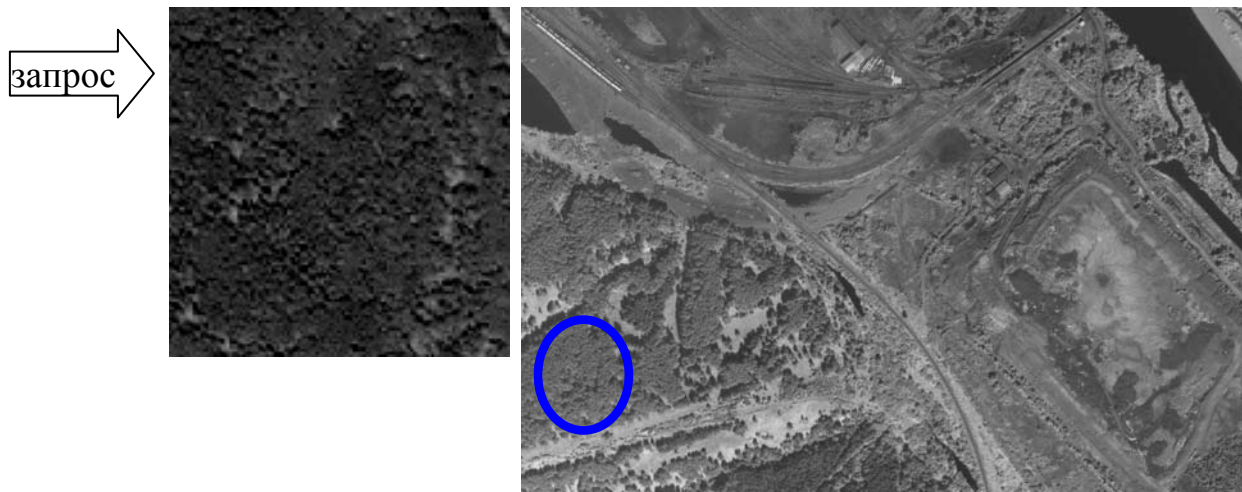


Рис. 13. Поиск в БДИ в соответствии с запросным текстурным образцом

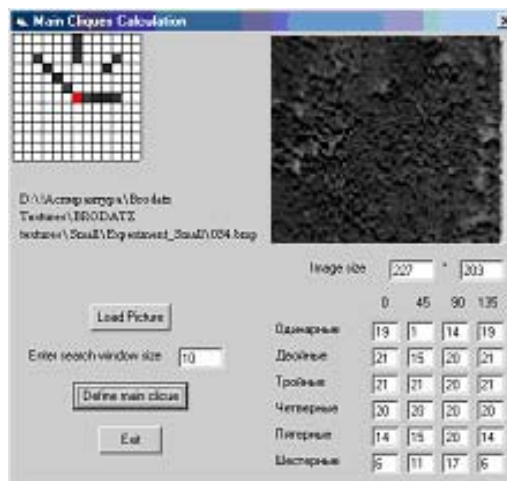


Рис. 14. Определение количественных характеристик восприятия текстурного образца
 Определен подход к решению предметно-ориентированных задач в условиях недостаточной обеспеченности исходной информацией, основанный на:

- использовании единой атрибутивной и картографической базы данных;
- разработке методик комплексной оценки с привлечением дополнительной информации;
- картографическом моделировании предметной области.

Подход реализован в водно-экологической и эколого-климатической предметных областях (рис. 15, 16).

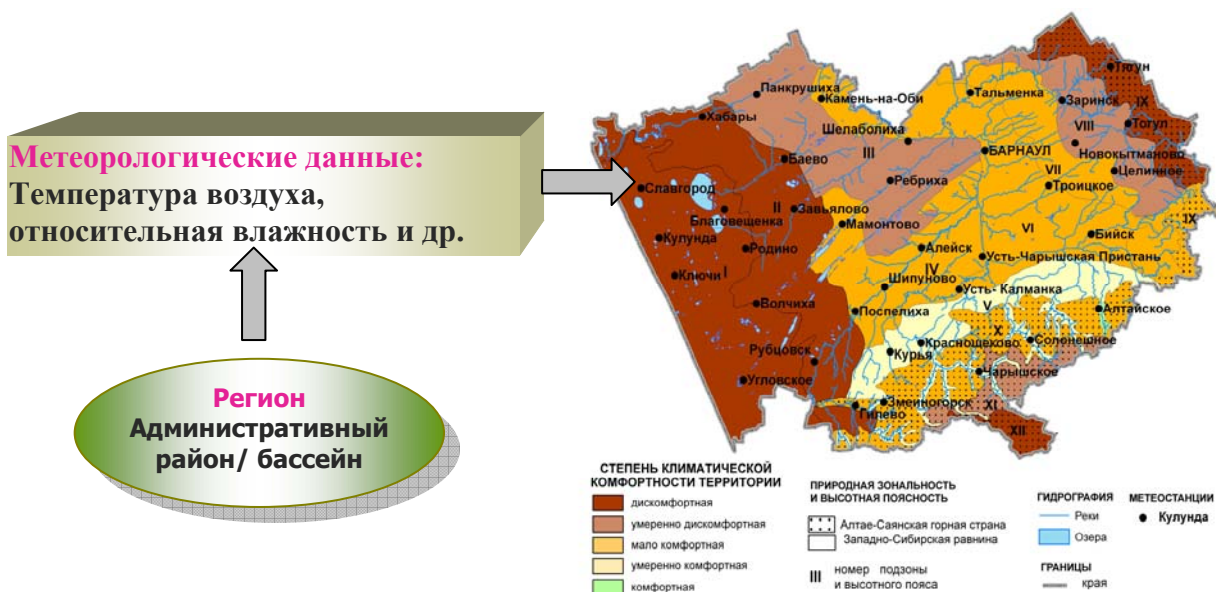


Рис. 15. Эколого-климатическая информационно-аналитическая система

Картографическая информация

Физико-географические слои
Социально-экономические слои
Мониторинг окружающей среды
Водоотведение сточных вод

Атрибутивная информация

Данные прямых наблюдений (данные мониторинга качества поверхностных вод по постам ОГСН)
Косвенные данные (данные по водоотведению, данные по внесению удобрений, данные по загрязнению снежного покрова,...)

Частные оценки водно-экологической обстановки территории

Оценка качества
поверхностных вод

Оценка условий
самоочищения
поверхностных вод

Оценка уровня антропогенной
нагрузки на водные объекты и их
водосборные бассейны

Комплексная оценка
водно-экологической
обстановки территории

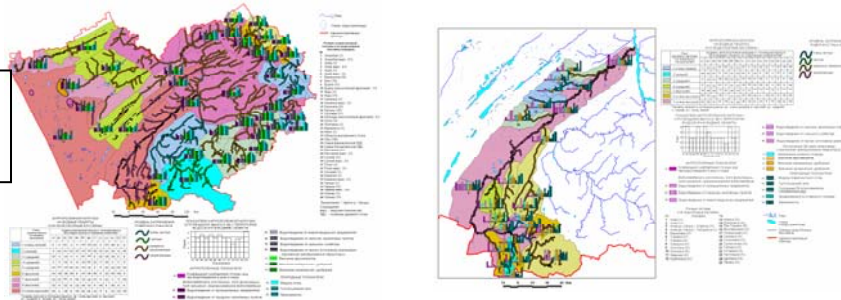


Рис. 16. Водно-экологическая информационно-аналитическая система

Разработан и работает сайт информационно-аналитической системы «Вода и экология Сибири» (рис. 17).

Вода и экология Сибири
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ ПРОГРАММА 4.5.2
"Разработка научных основ распределенной информационно-аналитической системы
на основе ГИС и Веб-технологий для междисциплинарных исследований"

План научных исследований на 2007 год (в формате PDF, 279kb)

БЛОК 4.5.2.8
Информационно-аналитическая система "Вода и экология Сибири"

Основная цель проекта - создание интегрированной распределенной проблемно-ориентированной информационно-аналитической системы при проведении междисциплинарных исследований для создания проблемно-ориентированных и предметно-ориентированных баз данных геоинформационной направленности, разработки новых методов и моделей, базирующихся на результатах натурных наблюдений и на эмпирических данных; в том числе, создание методов и технологий обработки данных дистанционного зондирования; разработки методов интеграции междисциплинарных данных и результатов исследований, базирующихся на пространственных характеристиках и признаках.

В работе по проекту предполагается объединить усилия специалистов по гидрогеологии, географии, гидрологии, биологии, геохимии, химии и экологии, включая промышленную экологию, проводивших многолетние исследования на территории Сибири для создания единой базы данных естественно-научных информационных ресурсов. С другой стороны, будут привлечены имеющиеся программные средства и ведущие специалисты в области физико-математических методов, программирования, дистанционного зондирования, информатики и геоинформатики для отработки методов интеграции междисциплинарных данных.

Территориально информационно-аналитическая система будет охватывать, в первую очередь, наиболее освоенный и "проблемный" регион юга Западной Сибири с возможностью информационного наполнения для всей территории Сибири.

Структурно проектируемая информационно-аналитическая система (ИАС) будет представлять собой трехмерную модель, включающую базы данных, специальную программную поддержку и аналитический блок.

Аналитическая часть ИАС базируется на многомерной базе данных, содержащей проблемно-ориентированную информацию. Информация извлекается из распределенного сетевого хранилища данных.

Аналитический блок ИАС включает методы, алгоритмы и программы, ориентированные на предметные области.

В рамках проекта планируется рассмотрение двух предметных областей, условно называемых: "Вода" и "Гео". Предметная область "Вода" включает разделы: гидрогеология (условия), гидрология (ресурсы) и экология (качество). Предметная область "Гео" включает разделы: условия (природный потенциал), ресурсы (характеристика), экология (качество) применительно к территориальным объектам.

Предполагается построение пространственно-распределенной системы с разными уровнями интеграции: Сибирь, административная единица (регион), геосистема, речной бассейн.

Предметная область "Вода" включает разделы: гидрогеология (условия), гидрология (ресурсы) и экология (качество).

Предметная область "Гео" включает разделы: условия (природный потенциал), ресурсы (характеристика), экология (качество) применительно к территориальным объектам.

Рис. 17. Интерфейс сайта информационно-аналитической системы «Вода и экология Сибири»

Инициативный проект «Исследование физико-химических свойств воды в природных и биологических средах» (научн. рук. д.г.н., проф. Ю.И. Винокуров; отв. исп. д.т.н. А.Н. Романов).

На примере CaCl_2 экспериментально исследовано влияние высоко гигроскопичных минеральных солей на диэлектрические свойства воды и песчаных грунтов. Установлен новый тип поведения диэлектрических свойств засоленных грунтов в области связанной воды. Показано, что диэлектрические свойства грунтов, содержащих в своем составе высоко гигроскопичные соли зависят в интервале связанной воды от объемных долей и диэлектрических характеристик минеральной компоненты и водно-солевого раствора, образующегося при растворении соли в адсорбируемой ею влаге (рис. 16).

Разработан радиоволновый метод определения массовой концентрации, чисел гидратации и структуры водно-солевых растворов, основанный на измерении показателей преломления n и поглощения κ электромагнитной волны дециметрового диапазона и сравнении с экспериментально установленными зависимостями n и κ от массовой концентрации соли (S) или числа молекул воды (N), попадающих в разные интервалы массовой концентрации.

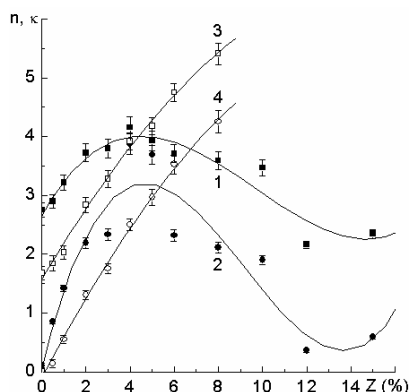


Рис. 16. Зависимость показателей преломления и поглощения песка с объемной влажностью $W_B = 0.15$ (1, 2) и $W_{MГ}$ (3, 4) от засоленности.

Искомые параметры определяют по следующим формулам:

$$1) \text{ массовая концентрация: } S = \frac{n - n_0}{n_{\max} - n_0} S_{\max}, \quad S = \frac{\kappa - \kappa_0}{\kappa_{\max} - \kappa_0} S_{\max}, \text{ где,}$$

$S = (M_C / (M_P - M_C))$, M_C и M_P – массы безводной соли и раствора, S – максимальная концентрация, соответствующая верхней границе гидратации.

$$2) \text{ число гидратированных молекул: } N = \frac{n - n_0}{n_{\max} - n_0} N_{\max}, \quad N = \frac{\kappa - \kappa_0}{\kappa_{\max} - \kappa_0} N_{\max},$$

где N_{\max} – максимальное количество гидратированных молекул в данном интервале

3) структура раствора и соответствующие ей границы дальней, полной и неполной гидратации, – по попаданию измеренных значений n и k в соответствующий интервал массовых концентраций, определяемый из графика (рис. 17, 18).

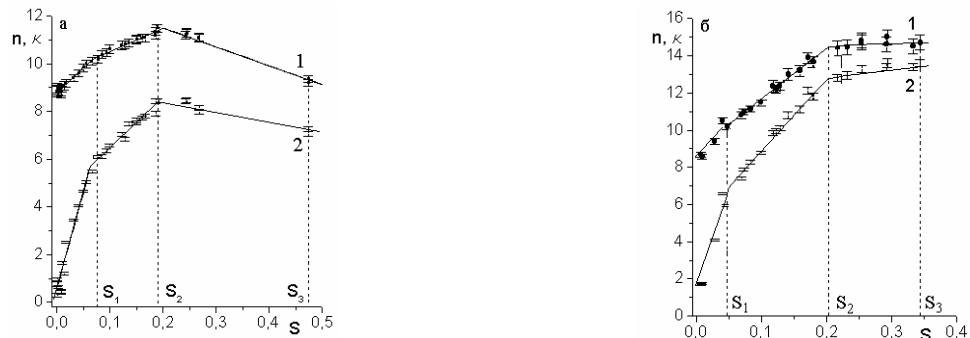


Рис. 17. Зависимости показателей преломления n (1) и поглощения k (2) водных растворов солей Na_2CO_3 (а) и $NaCl$ (б) от концентрации соли в растворе



Рис. 18. Зависимости показателей преломления n (1) и поглощения k (2) водных растворов солей Na_2CO_3 (а) и $NaCl$ (б) от числа молекул N_B , приходящихся на единицу массы безводной соли

Разработана методика дистанционной оценки степени деградации почв, основанная на измерении радиояростной температуры и коэффициента излучения χ почв в радиодиапазоне. Установлены критерии дистанционной оценки степени деградации почв. Показано, что при иссушении или переувлажнении почвы, влажность зависит от времени $W(t)$, а ее производная указывает направленность процессов деградации:

1. $\frac{\partial \chi(W)}{\partial t} = 0 \pm \alpha$ – деградации почвы за счет изменения влажности нет, (α – вариации χ , обусловленные изменением влажности почвы за счет осадков).
2. $\frac{\partial \chi(W)}{\partial t} < 0$ – деградация почвы за счет переувлажнения.
3. $\frac{\partial \chi(W)}{\partial t} > 0$ – деградация почвы за счет иссушения.

Проведена качественная оценка степени деградации почвы, обусловленной высоким поднятием пресных почвенно-грунтовых вод с минерализацией < 1 г/л:

Степень деградации почв	$H_{угв}$, м	χ
<i>гумидная зона</i>		
не деградированные почвы	> 1 м	> 0.6
средне деградированные почвы	0.6–0.8	0.57–0.58
очень сильно деградированные почвы	< 0.3	< 0.56
<i>степная зона</i>		
не деградированные и слабо деградированные почвы	> 3.1	> 0.9
средне деградированные почвы	2–3	0.7–0.9

сильно деградированные почвы
 очень сильно деградированные почвы

1–2
 < 1
 0.6–0.7
 < 0.6

Показано, что в качестве параметра, характеризующего изменение солевого режима одного и того же участка почвы, может быть выбрана величина $\partial T_{я}/\partial t$:

$(\partial T_{я}/\partial t) = 0$ – изменений в засолении почвы не происходит,

$(\partial T_{я}/\partial t) < 0$ – уменьшение $T_{я}$ может быть связано с увеличением засоленности почвы, что следует расценивать как начало деградации,

$(\partial T_{я}/\partial t) > 0$ – повышение $T_{я}$ может быть связано со снижением засоленности.

В микроволновом диапазоне исследованы диэлектрические свойства живых и погибших одноклеточных микроорганизмов (дрожжей) в зависимости от объемной доли и фазового состава присутствующей в них воды. Установлено, что в живых одноклеточных микроорганизмах выделяется не менее трех, а в погибших – две категории воды, различающихся по диэлектрическим свойствам. Показано, что влияние W на n и κ проявляется неодинаковым образом на разных влажностных участках. Отмирание живых клеток приводит к изменению зависимостей $n(W)$ и $\kappa(W)$. Наблюдаемые различия между живыми и погибшими клетками, менее заметные в области связанной воды, достигают максимума в области свободной воды (рис. 19).

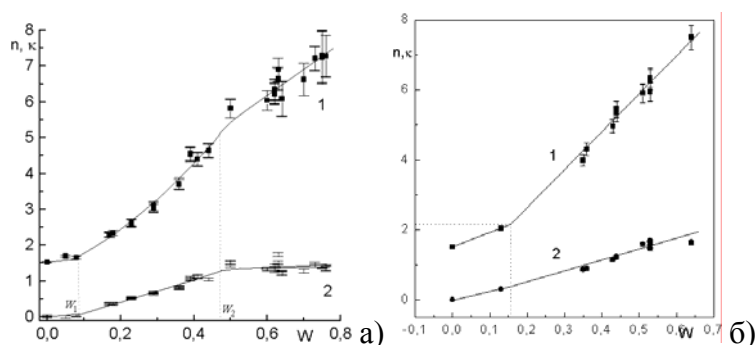


Рис. 19. Зависимости показателей преломления n (1) и поглощения κ (2) от объемной влажности: а) живые клетки, б) мертвые клетки

С использованием рефракционной модели рассчитаны численные значения показателей преломления и поглощения для разных фаз воды в живых клетках: $n^l_0 = 1.45 \pm 0.04$, $\kappa^l_0 = 0.004 \pm 0.005$, $n^l_{B1} = 4.4$, $\kappa^l_{B1} = 0.14$, и $n_{B2} = 8.7$, $\kappa^l_{B2} = 0.6$. Сравнение значений n^l_{B2} и κ^l_{B2} с $n_B = 8.9$ и $\kappa_B = 0.30$ с рассчитанными по эмпирическим формулам для дистиллированной воды (Stogryn, 1970) на частоте 1.11 ГГц при температуре 25°C, указывает на то, что данная категория клеточной воды представляет собой слабо концентрированный раствор солей или питательных веществ. Низкие значения n_{B1} и κ_{B1} позволяют утверждать, что это связанная вода, содержащаяся в стенках дрожжевой клетки.

Применение рефракционной модели для описания диэлектрических характеристик погибших клеток позволило получить следующие оценочные значения: $n^n_0 = 1.48 \pm 0.01$, $\kappa^n_0 = 0.003 \pm 0.002$, $n^n_{B1} = 5.3$, $\kappa^n_{B1} = 2.2$, и $n^n_{B2} = 12.7$, $\kappa^n_{B2} = 3.7$. Из сравнения приведенных данных с диэлектрическими параметрами растворов, можно сделать вывод, что межклеточная вода соответствует концентрированному раствору (рис. 20, 21).

На основе проведенных исследований разработан радиофизический способ определения процентного содержания живых и неживых одноклеточных микроорганизмов в общей массе, основанный на измерении диэлектрической проницаемости и нахождении процентных долей живых $V_{ж}$ и неживых $V_{н}$ микроорганизмов по формулам:

$$V_H = 1 - V_{\text{Ж}}, \quad V_{\text{Ж}} = \frac{\varepsilon_H - \varepsilon}{\varepsilon_H - \varepsilon_{\text{Ж}}} \times 100\%, \quad \text{или} \quad V_{\text{Ж}} = \frac{\frac{d^2 \varepsilon_H}{dW^2} - \frac{d^2 \varepsilon}{dW^2}}{\frac{d^2 \varepsilon_H}{dW^2} - \frac{d^2 \varepsilon_{\text{Ж}}}{dW^2}} \times 100\%$$

где ε , $\varepsilon_{\text{Ж}}$, ε_H – диэлектрическая проницаемость смеси, живых и неживых клеток, W – объемная влажность.

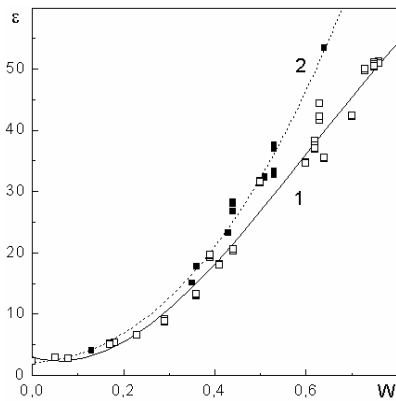


Рис. 20. Зависимости диэлектрической проницаемости живых (1) и неживых (2) клеток от объемной влажности.

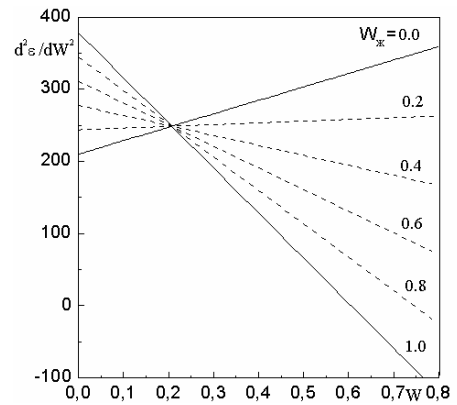


Рис. 21. Зависимости второй производной диэлектрической проницаемости живых и неживых клеток от объемной влажности