



*На правах рукописи*

МОЧАЛОВА  
Ольга Инаровна

ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И СОВРЕМЕННЫЕ  
ЛАНДШАФТЫ ЗОНЫ БРАТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

25.00.36 - геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Москва - 2005

Работа выполнена на кафедре физической географии мира и геоэкологии  
географического факультета Московского государственного университета  
им. **М.В.Ломоносова**

**Научный руководитель:** доктор географических наук, профессор  
Сергей Павлович Горшков

**Официальные оппоненты:** член-корреспондент РАН, доктор  
географических наук  
Валериан Афанасьевич Снытко  
кандидат географических наук, профессор  
Эльвира Мечиславна Раковская

**Ведущая организация:** Иркутский государственный  
педагогический университет

Защита диссертации состоится «26» мая 2005 года в 15.00  
часов на заседании диссертационного совета Д.501.001.13 при  
Московском государственном университете им. М.В.Ломоносова  
по адресу: 119992, г. Москва, ГСП-2, Ленинские горы,  
географический факультет, 18 этаж Главного здания, ауд. 18-07

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке географического  
факультета МГУ им. М.В.Ломоносова на 21-м этаже

Автореферат разослан «25» апреля 2005 года

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Горбунова И.А.

## ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Создание на р. Ангаре Братского водохранилища - самого крупного по объему водохранилища в России — повлекло за собой изменение природной обстановки в затопленной долине и на прилегающих территориях. Возникла сложная полиструктурная геосистема: «водохранилище - территориальное окаймление». При этом произошли сложные ландшафтные трансформации, вызванные всплеском хозяйственной деятельности, активизацией природно-антропогенных процессов и изменениями климата. Геосистема впитала и продолжает накапливать в себе в форме структурных и функциональных метаморфоз сигналы локального, регионального и глобального уровней.

*Актуальность.* Ландшафтно-геоэкологическое исследование зоны Братского водохранилища на основе анализа и обобщения первичных климатических, гидрологических и ландшафтных данных, ранее не проводилось. Выявление структурно-функциональных особенностей макрогеосистемы «водохранилище-территориальное окаймление» может служить основой для понимания роли локальных, региональных и глобальных факторов в ее становлении и развитии, а также отклика макрогеосистемы на природные изменения и антропогенные воздействия. Использованный набор подходов достаточно перспективен и может быть применен при геоэкологическом анализе крупномасштабных геосистем, что может рассматриваться как один из аспектов актуальности диссертационной работы.

*Цель* - ландшафтно-геоэкологическое изучение геосистемы зоны Братского водохранилища, анализ их функциональных черт, в том числе через раскрытие специфики природно-антропогенных процессов и показ полиструктурных особенностей с учетом ретроспективы; выявление динамики природной среды района водохранилища под воздействием региональных и глобальных факторов. К первым отнесены многоаспектные воздействия созданного к 1967 г. Братского моря, ко вторым — изменения, связанные в основном с последней волной глобального потепления климата, проявляющейся с конца 1970-х - начала 1980-х гг.

*Задачи исследования:*

1. Показать специфику физико-географических условий района исследований;
2. Оценить вклад глобальной и региональной составляющих в изменение климата и связанных с этим других процессов;
3. Охарактеризовать важнейшие черты экзодинамики;
4. Выявить ландшафтную структуру исследованного района;
5. Составить специализированную ландшафтно-геоэкологическую карту (1:1500000) на весь регион и две одноименные карты (1:200000) на ключевой участок: первая — для этапа перед созданием водохранилища, вторая — для времени после его наполнения;
6. Установить изменения природных сред и полиструктурной трансформации ландшафтов под воздействием глобальных и региональных факторов.

*Научная новизна.* Применительно к району Братского водохранилища, находящегося в трех разных по географическим условиям подразделениях Средне-Сибирского физико-географической страны, нами разработана эмпирическая модель ландшафтной структуры и предложена классификация природных

комплексов и их различных модификаций. При оценке функциональных характеристик ландшафтных подразделений использована информация о специфике природно-антропогенных процессов. Проведено ретроспективное ландшафтно-геоэкологическое картографирование на примере ключевого участка «Балаганск-Кяхта». Это позволило выявить особенности полиструктурной трансформации геосистемы района Братского водохранилища вследствие его «вторжения» в природную среду Верхнего Приангарья. Выявлена связь между последней фазой глобального потепления климата и процессами в функциональных подразделениях геосистемы.

*Защищаемые положения:*

I. Район Братского водохранилища - природно-антропогенная геосистема, включающая рукотворное море и территориальное окаймление с трехчленной пространственной макроструктурой. Ее составляют:

- часть Средне-Сибирской физико-географической страны, подразделяющаяся на ландшафты Ангарского края, Лено-Ангарского плато и Иркутско-Черемховской равнины;

с существующими в них:

- двухярусным геоморфологическим каркасом, образованным ярусом мел-палеогеновой поверхности выравнивания и ярусом расчленяющей ее неоген-четвертичной долинной сети;

- системой четырех функциональных зон: а) косвенного воздействия водохранилища; б) подтопления; в) береговой переработки, в том числе в чередующихся субаэральных и субаквальных условиях и г) постоянного затопления, где сосредоточен мертвый объем акватории.

Ландшафтные подразделения низкого иерархического уровня, в частности урочища, стали обладать дополнительными свойствами вследствие перестроения иерархической макроструктуры геосистемы в сторону усложнения с момента возникновения водохранилища.

И. Всплеск новообразования модификаций ландшафтов (селитебных, полевых, пастбищных, связанных с лесной промышленностью) и соответствующего уменьшения ареалов условно-коренных комплексов в сочетании со значительно увеличивающимся загрязнением воздушной и водной среды понизили экологический потенциал геосистемы района водохранилища.

III. Последняя волна глобального потепления климата (фиксируемая в повышении среднегодовых температур, их положительном тренде, смягчении зим и удлинении переходных сезонов) отразилась, в частности, в учащении периодов низкого и высокого стояния уровня водохранилища, более позднем его замерзании. Все это прямо и косвенно повлияло на ландшафтную динамику геосистемы водохранилища во всех ее четырех функциональных зонах.

Наиболее типичны: 1) в зоне *косвенного воздействия* — учащение лесных пожаров в связи с более частыми периодами засух и жары, а также эрозия и дефляция; 2) в зоне *подтопления* вследствие повышения и учащения колебаний уровня грунтовых вод - продолжающееся активное развитие карста, суффозии, просадок и провалов; 3) в зоне *береговой переработки* - интенсивное

---

\* использованы термины К.Н.Дьяконова (2002); правда, из-за недостатка данных, в полном объеме их в работе использовать не удалось.

переформирование берегов вопреки ожиданию некоторого затухания этих процессов; 4) в зоне *постоянного затопления* - изменение динамики подводных процессов в связи с упомянутыми преобразованиями в режиме водохранилища.

IV. В изменении гидроклиматических параметров геосистемы в период 1966-2000 гг. выявлено превалирование роли глобальных факторов над региональными.

*Процедура исследования.* В процессе разработки темы использовались ежемесячные данные по стоку по гидропостам Богучаны, Енисейск и Игарка на рр. Ангаре и Енисее, а также ежедневные, ежемесячные и ежегодные метеоданные по станциям Восточной Сибири, ежедневные данные по уровням Братского водохранилища за период его эксплуатации. Помимо работы в библиотеках г. Москвы, были предприняты: выезд для полевых наблюдений в г. Братск; сбор материалов в институтах г. Иркутска; статистическая обработка данных по температуре воздуха и стоку из ВНИИГМИ МЦД г. Обнинска и Гидрометеорологической службы г. Иркутска. Составление ландшафтно-геоэкологических карт проводилось по материалам Ландшафтной карты юга Восточной Сибири 1 : 1 500 000, 1977 и Карты геологического строения берегов Братского водохранилища, 1971; топографических карт 1:100 000 и 1:500 000; карты Лессовых отложений Восточной Сибири. Также были привлечены снимки низкого и среднего разрешений со спутника «Ресурс» 1997 года. При дешифрировании снимков использовались методические приемы, примененные в атласе «Космические методы геоэкологии» (1998). Для проведения статистических расчетов использовалась программа Excel, для составления карт — программы MapInfo, CorelDraw.

*Изученность проблемы.* В 1972 г. А.Ю. Ретеев, К.Н. Дьяконов, Л.Ф. Куницын ввели понятие , геотехнической системы для водохранилищ. К.Н.Дьяконов (2002) разработал деление сферы воздействия водохранилищ на зоны, подзоны и пояса. В течение последних 40 лет осуществлялось целенаправленное изучение природно-антропогенных процессов, развивающихся в ландшафтных околмлениях водохранилищ Ангаро-Енисейского каскада. Его проводят в Институте земной коры СО РАН на системе геодинамических полигонов и стационарных участках. Результаты освещены в сборниках: «Вопросы специальной гидрогеологии Сибири и Дальнего Востока» (1962), «Гидрогеология СССР» (1968), «Исследования берегов водохранилищ и озера Байкал» (1964), «Вопросы геологии Прибайкалья и Забайкалья» (1967), «Инженерная геология Прибайкалья» (1968), «Труды совещания по изучению берегов водохранилищ и вопросов дренажа в условиях Сибири» (1969), «Изменение естественных гидрогеологических условий в результате крупного гидроэнергетического строительства» (1975), «Формирование берегов Ангарских водохранилищ» (1976), «Изучение берегов водохранилищ Сибири» (1977), «Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ. Братское водохранилище» (1978), «Берега водохранилищ: Тезисы докладов к V совещанию по изучению берегов сибирских водохранилищ» (1980), «Геологические и экологические прогнозы» (1984), «Изменения геологической среды и их прогноз» (1985), «Техногенные изменения природной среды» (1988), «Формирование берегов Ангаро-Енисейских водохранилищ» (1988), «Геолого-геоморфологические аспекты водохозяйственных проблем Сибири» (1990), «Проблемы охраны геологической среды на примере Восточной Сибири» (1993) и др. В монографии

Г.И.Овчинникова, С.Х.Павлова, Ю.Б.Тржцинского «Изменение геологической среды в зонах воздействия Ангаро-Енисейских водохранилищ» (1999) характеризуются природно-антропогенные процессы, охватившие площадь, примерно равную размерам самого водоема, а также дается прогноз на дальнейшее их развитие.

Остальные компоненты ландшафта изучены в меньшей степени. Особенно это касается почвенного и растительного покровов. Изучение данных компонентов ландшафта проводилось Переселенческим управлением по исследованию колонизационных районов Азиатской России в начале XX века. Затем описания, проведенные Г.А. Боровиковым (1910, 1913), А.Н. Криштофовичем (1913), П.Н. Крыловым (1919), были использованы Н.А. Гвоздецкий, Н.И. Михайловым (1970), Ю.П. Пармузиным (1964) при физико-географическом районировании Восточной Сибири. Изменения в растительном и почвенном покровах в связи с влиянием водохранилища изучены С.П. Вендровым (1976), К.Н. Дьяконовым (1975, 1976, 1978). Проблемы изменения гидрологического и климатического режимов на Братском водохранилище затрагиваются в сборнике «Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ. Братское водохранилище», в книгах Р.И.Гета (1978), Ю.М.Матарзина и др. (1981), И.Н.Иванова (1991). Помимо изучения изменений природной среды, нужно отметить исследования социальных условий Л.А.Безрукова и С.П.Елина. О природных и социальных изменениях в зоне Братского водохранилища в своих работах писали также А.Б. Авакян, В.А. Шарапов (1968).

На территорию юга Восточной Сибири составлена ландшафтная карта 1:1500000 под редакцией В.Б.Сочавы.

Идеи вышеперечисленных авторов в той или иной форме ассимилированы в представленной диссертации, в частности при использовании ландшафтно-геоэкологического подхода к изучению геосистемы зоны Братского водохранилища.

**Апробация.** Результаты по теме диссертации докладывались на пяти конференциях: на двух геоэкологических в Твери в октябре 2001 и 2002 г., на Всемирной конференции по изменению климата в Москве в сентябре-октябре 2003 г., на VI Международном конгрессе - вода: экология и технология ЭКВАТЭК в Москве в июне 2004 г. и на VI Гидрологическом съезде в Санкт-Петербурге в сентябре-октябре 2004 г. Опубликована глава в монографии «Климат, мерзлота и ландшафты Среднеенисейского региона».

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы. Общий объем работы - 149 с. Текст содержит 35 рисунков, 5 карт и 9 таблиц. Список литературы насчитывает 205 наименований опубликованных трудов.

Приношу глубокую благодарность научному руководителю проф. С.П.Горшкову, консультанту по разработке электронной версии ландшафтно-геоэкологических карт доц. Б.А.Алексееву, бывшему директору СканЭкс Д.В.Добрынину, предоставившему снимки со спутника «Ресурс», проф. кафедры биогеографии географического факультета МГУ Г.Н. Огуревой, предоставившей Ландшафтную карту юга Восточной Сибири, проф. лаборатории аэрокосмических методов В.И.Кравцовой, проф. кафедры гидрологии суши К.К.Эдельштейну, научным сотрудникам ВНИИГМИ МЦЦ г. Обнинска и Иркутского управления

Гидрометслужбы, сотрудникам отдела гидрологии ИГ РАН проф. Н.И.Коронкевичу и ст.н.с. А.Г.Георгиади за ценные консультации и предоставленные материалы. Диссертант многим обязан безвременному ушедшему из жизни в начале 2005 г. д.г.н. ИЗК СО РАН Геннадияу Иннокентьевичу Овчинникову.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

*Введение.* Пуск первого агрегата Братской ГЭС (всего их 18) был осуществлен в 1961 г. За первые 6 лет выработка электроэнергии составила 64 млрд. кВт\*ч и тем самым уже в период «временной эксплуатации» окупилась стоимость сооружения ГЭС (Рудых, Шкаров, 2001), но не ущерб населению, экономике и природе. При наполнении водохранилища была затоплена площадь 5500 км<sup>2</sup>, с городами старый Братск и Балаганск, более 300 деревнями и ПО км железных дорог. Плодородные угодья: пашня, пастбища и сенокосы были потеряны. Вместо них в сельскохозяйственное использование вовлечены малопродуктивные земли, в том числе бывшие под лесом. Гниение древесины вызвало загрязнение сероводородом придонной водной массы и гибель ценнейших видов рыб.

Братское водохранилище участвует в регулировании и перераспределении естественного стока огромной водной системы. Она включает оз. Байкал, р. Ангару с комплексом Иркутского, Братского и Усть-Илимского водохранилищ и р. Енисей. Амплитуда колебания уровня при сработке Братского водохранилища достигает 10 м. Значительные перепады уровня, вызванные не только регулированием естественного стока, но и ветровыми сгонами и нагонами, провоцируют активизацию природно-антропогенных процессов, резко снижают рыбопродуктивность мелководий.

Появление огромного водного резервуара вызвало изменение гидрологических, микроклиматических, гидрогеологических и геоморфологических условий, стало причиной полиструктурной трансформации ландшафтов.

Создание мощной ГЭС, алюминиевого и лесоперерабатывающего комбинатов позитивно сказалось на экономике региона, но при этом ухудшило его природные условия. Братск - один из самых неблагоприятных в экологическом отношении городов России.

### **Глава I. Физико-географические особенности**

*Рельеф и геологическое строение.* Братское водохранилище находится в южной части Сибирской платформы, что соответствует югу Среднесибирского плоскогорья. Верхняя по течению р. Ангары часть водохранилища приурочена к Ангаро-Ленскому передовому прогибу, а нижняя - к Ангарскому кряжу. Это соответствует Присаянской, Ангаро-Ленской и Приангарской ландшафтными провинциями, по Н.А. Гвоздецкому, Н.И. Михайлову (1987). Вблизи водохранилища абсолютные отметки междуречий в пределах Ангарского кряжа как и Лено-Ангарского плато, характеризующихся плоскогорным рельефом, составляют 500-750 м, а в Присаянской провинции (Иркутско-Черемховская равнина) - 500-600 м. В пределах всех трех провинций выделяются два геоморфологических яруса: 1) мел-палеогеновой поверхности выравнивания и 2) неоген-четвертичной долинной сети. Последняя характеризуется наличием 8 террас р. Ангары, большая часть которых затоплена, кроме террас верхнего комплекса (90-100, 110-120 м).

Северо-восточная часть территории входит в состав Сибирской платформы, Иркутского амфитеатра, сложенного мощными осадочными породами кембрийской, ордовикской и юрской систем. Палеозойские отложения, в соответствии с общей тектонической структурой Иркутского амфитеатра, погружаются от верховья водохранилища в северо-западном направлении. Вдоль подножья Восточного Саяна, между Усть-Удой и Балаганском залегают кембрийские известняки, доломиты и мергели. Нижняя часть бассейнов рр. Оки и Ии, а также прилегающая часть Ангаро-Окинское междуречья сложены породами ордовика: братской свиты - из красноцветных аргиллитов, мамырской - из песчаников и алевролитов и ийской - из песчаников, алевролитов и известняков. На севере территории встречаются трапповые интрузии, а на юге кембрийские отложения бывают перекрыты юрскими алевролитами, аргиллитами и песчаниками с прослоями конгломератов. Четвертичные отложения широко представлены аллювием речных террас, сложенных галечниками, песками, супесями и суглинками, а также эоловыми и делювиальными песками, полигенетическими лессовидными суглинками и супесями, осыпно-обвальными и оползневыми образованиями, элювиально-делювиальными щебнистыми суглинками.

*Климат.* В районе водохранилища он резко континентальный, с суровой продолжительной, но сухой зимой и теплым, с обильными осадками, летом. Годовой режим температуры воздуха в районе водохранилища примерно одинаков: максимум температуры отмечается в июле, минимальная среднемесячная температура зимой наблюдается в период с декабря по февраль. Годовые амплитуды температуры достигают 94-96°C. Наиболее высокая температура может достигать 34-36°C (средняя  $t_{VII}=17,9^{\circ}\text{C}$ ), наиболее низкая температура доходит до - 60°C (средняя  $t_I=-21,0^{\circ}\text{C}$ ).

Среднегодовая температура воздуха повышается от - 2,3°C на юге до - 1,6°C к северо-западу в Приплотинном участке. Это можно объяснить различием синоптических условий, а также тепляющим влиянием водохранилища.

Среднегодовое количество осадков в регионе колеблется от 330 до 395 мм с максимумом осадков в июле и минимумом в феврале-марте.

*Растительность и почвенный покров.* Территория окаймления Братского водохранилища расположена главным образом в подзоне южной тайги и отчасти в подзоне подтайги остепненной. Предбайкалье в целом относится к Средне-Сибирской таежной провинции, где преобладают сосновые леса, а в наиболее возвышенных участках - леса из сибирской лиственницы, ели и пихты. Континентальный климат с достаточной влажностью и умеренными температурами способствовал образованию почв преимущественно подзолистого типа. В нижнем течении рр. Оки и Ии распространены дерново-подзолистые почвы, которые к югу сменяются серыми лесными и черноземами.

В результате пожаров на водоразделах сплошная кедрово-пихтово-еловая тайга на влажных и холодных почвах замещена вторичными березовыми лесами, а по склонам опускание кровли вечной мерзлоты под горящими и усиление подзолообразования способствовали частичному замещению сосняками темнохвойной тайги. Сосновые и сосново-лиственничные боры преимущественно негустые, с хорошо развитым ярусом кустарников, в основном из даурского рододендрона, и густыми зарослями луговолесных трав. Под такими лесами формируются слабоподзоленные или неоподзоленные дерново-лесные или

дерново-лесные бурые почвы. Сосна здесь чаще всего поселяется на южных склонах и террасах с песчаными или щебнистыми почвами; лиственница более обычна на холодных почвах междуречий и северных склонах.

В равнинной части южных районов (северная граница Куйтун - Усть-Уда), относящейся к подтайге, произрастает сосна, лиственница и береза, а открытые участки представлены луговыми степями: типчаковыми, леймусовыми, перистоковыльными, разнотравными и др. В пределах подтайги развиты серые лесные глееватые почвы, оподзоленные и выщелоченные черноземы.

В связи с длительным сохранением слоя сезонного промерзания, в этих почвах создается специфический водный режим: непромытый в течение весенне-летнего сезона и промытый осенью. В первый период льдистый замёрзший слой создаёт водоупор, а во второй период после оттаивания этого слоя и при максимальных летних и осенних дождях происходит сквозное промачивание почв. В результате в профиле почв выделяются: 1-й слой - это корнеобитаемая зона со значительными колебаниями в ней в течение года влажности и температуры; 2-й слой — постоянно холодный с высокой влажностью, приурочен к горизонту длительного сохранения слоя сезонной мерзлоты; наконец, 3-й, самый глубокий слой с постоянной низкой влажностью при положительной среднегодовой температуре. Это длительномерзлые почвы.

*Вечная мерзлота.* Территория вокруг Братского водохранилища входит в южную геокриологическую зону и характеризуется преимущественно островным распространением мерзлых пород. В целом в Лено-Ангарском регионе преобладают талые породы. Наиболее характерными орографическими элементами, которым почти повсеместно свойственны линзы и массивы мерзлых пород, являются пониженные элементы рельефа - заторфованные и заболоченные долины рек, днища глубоких затененных падей и логов, а также подножия залесенных и затененных склонов северных румбов.

*Поверхностные воды.* Колебания уровня Братского водохранилища в значительной степени определяются притоком воды. Основная часть притока осуществляется через Иркутскую ГЭС (60-70% годового притока). Остальная часть формируется в виде боковой приточности в бассейне водохранилища. Бассейн Братского водохранилища асимметричен, наиболее крупные притоки Ока, Ия, Белая, Китой, Иркут сосредоточены в значительно более развитой левобережной части. Эти притоки имеют горный характер, высокие среднемесячные модули стока в летний период (до 20 л/сек\*км<sup>2</sup>) обусловленные таянием снега в горах, значительной крутизной склонов и увеличением количества осадков в теплый период с повышением абсолютных отметок. Правобережные притоки Кежда, Большой Мамыр, Чама, Видим, Баранова, Уда, Куда, Када, Бирит, Егирма берут начало на Ангарском кряже и Лено-Ангарском плато, имеют небольшую длину (порядка 100 км) и невысокие модули стока. На р. Куде, которая по площади бассейна близка к р. Китой среднегодовой расход воды в 6-7 раз меньше, чем на р. Китой. Половодье на реках неравномерное и растягивается на весь весенне-летний период.

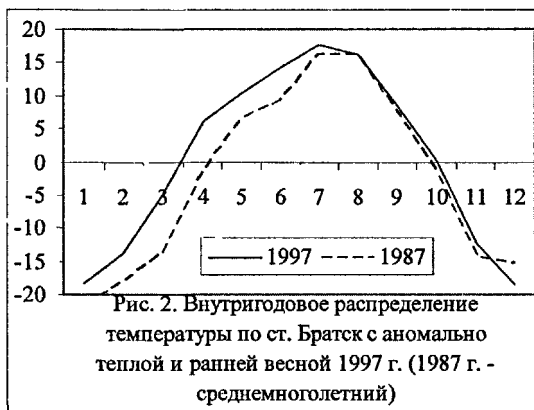
## **Глава II. Изменение климатических условий**

Применительно к изучаемому району важна оценка воздействия на климат как общей циркуляции атмосферы, так и водохранилища. Среднегодовая температура

воздуха по станции Братск за истекший век выросла примерно на 2,0 С в основном за счет потепления холодного периода года.



Анализ изменений среднегодовой температуры воздуха на станциях в районе Братского водохранилища и в Приенисейской Сибири (рис. 1) показал, что потепление климата отчетливо прослеживается на значительной территории Восточной Сибири. Эти изменения связаны с влиянием общей циркуляции атмосферы и особенно выражены в холодную половину года. Изменения среднегодовой температуры воздуха за период 1966-1999 гг. по станциям Братск, Вихоревка, Балаганск, Бахта, Бор, Енисейск имеют синхронный характер, коэффициенты корреляции составили 0,73-0,86. Высокая корреляция кривых изменения среднегодовой температуры воздуха и сходство трендов по станциям в



районе Братского водохранилища и удаленных от него на 1000 км в Приенисейской Сибири - свидетельство связи выявленных особенностей изменений термического режима с глобальным потеплением климата. Региональное влияние Братского водохранилища на изменение температуры в прибрежных районах перекрывается более сильными глобальными процессами.

Наблюдаемое за последние годы смещение и

трансформация Сибирского антициклона вызывает отрицательные аномалии содержания озона в весеннее время. В такие периоды наблюдаются аномально теплые и ранние весны (рис. 2), например, в 1996, 1997 годы.

За последние 20-25 лет наблюдается небольшое увеличение среднемноголетнего стока р. Енисей у Игарки (табл. 1), несмотря на появление водохранилищ Ангарского и Енисейского каскадов - фактора дополнительного испарения влаги в бассейне р. Енисей. В период зарегулированного стока (1976-1999 гг.) наблюдается некоторое увеличение стока в нижнем течении Енисей по сравнению с периодом естественного стока (1936-1955 гг.), что наиболее вероятно связано с фазой потепления климата в центральных районах Средней Сибири, некоторым увеличением осадков и соответственно стока. Об этом свидетельствует увеличение расходов воды за этот период на Подкаменной и Нижней Тунгусках. В то же время в верхнем течении Енисейя и на Ангаре в тот же период наблюдается снижение стока из-за увеличения испарения с поверхности водохранилищ. То есть по данным гидрологических измерений для нижнего течения Енисейя выявлено то же соотношение глобального и регионального факторов, что и установленное по отношению к температурным изменениям.

Таблица 1.

Основные гидрологические характеристики Ангары и Енисейя за разные периоды

Периоды	1936-1955		1956-1975	1976-1999		1936-1999
Характеристика	$Q_{\text{год}}$ $\text{м}^3/\text{с}$	$Q_{\text{max}}/Q_{\text{min}}$	$Q_{\text{год}}$ , $\text{м}^3/\text{с}$	$Q_{\text{год}}$ , $\text{м}^3/\text{с}$	$Q_{\text{max}}/Q_{\text{min}}$	$Q_{\text{год}}$ , $\text{м}^3/\text{с}$
В/п						
Богучаны	3720	3,4	3260	3570	2,0	3520
Енисейск	8120	7,1	7560	7490	2,7	7730
Игарка	18300	19,5	18000	18800	10,4	18395
R Богучаны-Енисейск	0,78±0,06		0,38±0,13	0,80±0,05		0,63±0,03
R Енисейск - Игарка						0,32±0,07

### Глава III. Водохранилище и система «природная среда - хозяйство»

Создание водохранилища серьезно изменило систему природопользования в близлежащих районах.

На основании сравнения данных по стоку нами были проведены исследования стока в створах Богучаны, Енисейск и Игарка за периоды естественного стока, наполнения водохранилищ Ангаро-Енисейского каскада и периода зарегулированного стока. Зарегулированность стока на Ангаре и нижнем течении Енисейя увеличилась по сравнению с естественным стоком почти в 2,0-2,5 раза (см. табл. 1). Год наиболее активного заполнения Братского водохранилища - 1964 г. - оказался наиболее маловодным не только в Богучанах и Енисейске, но и в Игарке.

В результате затопления поймы и многих террас Ангары уничтожена сложившаяся веками в таежной зоне система долинно-пойменного земледелия и сельского расселения. Компенсационное освоение новых земель менее эффективно, так как плодородие почв водораздельных пространств в 1,5-2,0 раза ниже. Сильно уменьшились ареалы лесов и степных ассоциаций вдоль водохранилища южнее залива Уда, а также вдоль р. Ока. На части освоенных когда-то земель сейчас растут бурьян и кустарники.

### Глава IV. Активизация природно-антропогенных процессов

По интенсивности их проявления, водохранилище относится к типу геодинамически неустойчивых. Оно характеризуется циклически сменяющимися стадиями активизации и относительной стабилизации природно-антропогенных процессов. К главным факторам, контролирующим их интенсивность, относятся изменение гидрологического и уровня режимов водохранилища, в особенности в зонах береговой переработки и подтопления.

**Зона косвенного воздействия.** Здесь, в особенности в подзоне подтайги, развивается плоскостная и овражная эрозия, охватившая в основном природно-антропогенные и вторично-производные модификации в пределах привершинных склонов пластовых и озерно-аллювиальных равнин. Больше всего подвержены ускоренной эрозии восточные и юго-восточные склоны, а также участки, где поверхностные отложения представлены элювиально-делювиальными образованиями, залегающими на красноцветных породах верхненеленской свиты позднего кембрия. В связи с участвовавшими лесными пожарами, усилилась ускоренная денудация в пределах гарей, где, помимо всего, распространение получили эоловые процессы.

**Зона подтопления.** В ней активны карст, суффозия, эрозия почв. Карст распространен в доломитах и известняках усть-кутской свиты нижнего ордовика, линзах загипсованных алевролитов, гипсов и доломитов братской свиты ордовика. Оврагами, промоинами, эрозионными бороздами поражены берега в лессовидных суглинках, которые распространены в южной части окаймления водохранилища. Так, в Унгинском районе подвержены овражной эрозии 25-40% общей длины берегов.

С карстово-суффозионными процессами ассоциируются просадки и провалы в пределах полевых и техногенных модификаций ландшафтов. Эти модификации, охваченные названными процессами, приурочены к пологим привершинным склонам в плейстоценовых лессовидных суглинках, к долинным склонам в мергелях, алевролитах, загипсованных аргиллитах, доломитах позднего кембрия с покровом плейстоценовых лессовидных суглинков и к 120-метровой плиоцено-нижнечетвертичной террасе, с покровом лессов. Данные модификации заменили условно-коренные урочища с различными типами сосновых лесов на дерново-карбонатных и подзолистых почвах, а также с лугово-степной разнотравно-крупнотравяной растительностью на черноземах выщелоченных.

Урочища пологих склонов и вершинных поверхностей, а это почти вся остальная территория, вовлечены в хозяйственный оборот и поэтому принадлежат к модификациям ландшафтов. Последние существенно страдают от проявлений карстовых процессов. Ширина зоны активизации сульфатного карста составляет 4-6 км; карбонатного карста — 0,5-1,0 км. Наибольшая интенсивность образования провалов установлена в прибрежной полосе шириной соответственно 1,0, и 0,3-0,5 км, в среднем 5,9 и 3,5 провала в год на 1 км<sup>2</sup>. Активизация процесса обусловлена колебаниями уровней подземных вод вследствие соответствующих изменений полезного объема водохранилища. Особенно опасно в этом случае резкое падение уровня рукотворного моря, как это произошло весной 1990 г. при сбросе вод и его понижении на 6 м. Также в полевых ландшафтах зоны подтопления широко развита плоскостная и линейная эрозия.

**Зона береговой переработки** (составляет 1290 км<sup>2</sup> или 24% площади Братского водохранилища при НПП). «Универсальным» процессом в данной зоне является абразия, которая не затронула лишь урочища заливов Ийской и Окинской мелководных зон с речным режимом, Приплотинного, Наратайско-Заярского, Долоноского, Калтукского плесов; она менее интенсивно проявляется в трудноразмываемых склонах, сложенных траппами. Абразия охватила 3/5 длины береговой линии. Она стала причиной сильного отступления берегов (до 200 м). Максимальные размывы отмечаются в Верхнеангарском районе и в расширениях

водохранилища. Протяженность абразионных берегов к концу заполнения водохранилища (1967 г.) составляла 700 км, в 1970-х гг. - 1100 км, а в 1990-х гг. - 4800 км. Ширина зоны отступления берегов колеблется от 10 м в аргиллитах, алевролитах, мергелях и до 130 м в лессовидных суглинках. Приглубый характер берегов способствует развитию не только абразии, но и оползней, обвалов и осыпей. На береговых склонах и на отмели происходит интенсивная дезинтеграция пород морозным выветриванием. В зимнее время при низких уровнях увлажненные отложения отмели разрушаются, а весной и летом при подъеме уровня воды породы разуплотненного слоя быстро размываются.

Другие природно-антропогенные процессы (осыпи, обвалы и др.), стимулируемые абразией, ярко выражены там, где активны неотектонические движения. Оползни различных типов приурочены к верхней части Ангарской акватории, левобережью верхней части Ийской акватории, где распространены глинистые отложения братской свиты ордовика, которые зачастую сверху сменяются пластовыми интрузиями траппов раннего-среднего триаса.

В подзоне южной тайги и на лесных участках подтайги наибольшее распространение получили оползни, угрожающие прибрежной инфраструктуре Братского водохранилища. Показателен пример пос. Артумей, расположенного в урочище вершинной, слабо расчлененной поверхности, сложенной эоловыми и аллювиальными песками, с сосновыми бруснично-травяными лесами на дерново-карбонатных почвах. В 1967 году поселок был перенесен вследствие катастрофического оползания с общей шириной продвижения берега на этом участке 1,0-1,2 км. Переформирование берега происходило скачкообразно, оползневые ступени возникли в результате выдавливания из склона разжиженного песка - псевдоплывуна. Смещение происходило блоками шириной до 200 м, очередная ступенька формировалась катастрофически быстро, а весь цикл завершился в течение одних суток (Овчинников, 1999).

К этому типу урочищ, а также к урочищам в песчаниках ордовика с прослоями алевролитов, с сосновыми лесами, с подлеском из рододендрона даурского на подзолистых почвах Окинского и Калтукского заливов относится наибольшее число оползней в береговой зоне Братского водохранилища. Оползневая активность также наблюдается в подзоне подтайги в урочищах плоских вершинных поверхностей пластовых и озерно-аллювиальных равнин в известняках, доломитах и мергелях кембрия, с лугово-степной разнотравно-крупнозлаковой растительностью на выщелоченных черноземах, а также с сосновыми бруснично-травяными лесами на подзолистых почвах. Однако в этой подзоне оползни имеют ограниченное распространение. Главная причина активизации оползневых процессов - продолжающееся разуплотнение глинистых пород, ускорившееся в процессе их обводнения. Значительная оползневая активность поддерживается режимом изменений уровня водохранилища.

За период эксплуатации активность природно-антропогенных процессов не уменьшилась, наоборот, хозяйственная деятельность человека интенсифицирует их.

Важную роль играет режим функционирования водохранилища. В 1967-1968 гг., когда уровень воды достиг НПП, начался активный размыв берегов и многие вьотекущие процессы (карст, оползни) были активизированы. В последующие годы, когда уровень воды находился то ниже, то выше НПП (401,65 м), формировался ступенчатый профиль склонов.

За период эксплуатации водохранилища на берегах, сложенных скальными и полускальными породами, началось замедление абразии, т.к. в берегах обнажились более монолитные горные породы. Этого не происходит на берегах в рыхлых отложениях. Чередования периодов высокого и низкого уровней воды создали условия для размыва берегов ниже НПГ на 1,5-3,5 м, а повышение уровня воды до НПГ после маловодных периодов значительно усилило абразию на более высоких отметках.

### Глава V. Ландшафтная характеристика

В заключительной главе рассмотрена ландшафтная структура геосистемы зоны Братского водохранилища в целом (рис. 3) и ключевого участка (рис. 4 и 5). При описании ландшафтов использованы данные авторских специализированных ландшафтно-геоэкологических карт 1:1500 000 района Братского водохранилища в целом, а также двух карт 1:200 000 для ключевого участка «Балаганск-Кяхта» в Иркутско-Черемховской лесостепи.

Структура геосистемы включает следующие составляющие:

- три ландшафта по физико-географическим особенностям:

1) *Ангарского края* (48,6%), сложенного песчаниками и известняками ордовика с интрузиями траппов, под сосняками травяно-брусничными на дерново-карбонатных почвах: а) с наличием значительных фрагментов высоких террас незатопленной долинной сети с сосновыми лесами на дерново-карбонатных и подзолистых почвах (10,4% площади данного ландшафта); б) с выходами траппов триаса с сосновыми бруснично-травяными лесами на подзолистых железистых почвах; в) с доминированием урочищ с сосновыми бруснично-травяными лесами на дерново-карбонатных почвах (23,7% площади данного ландшафта);

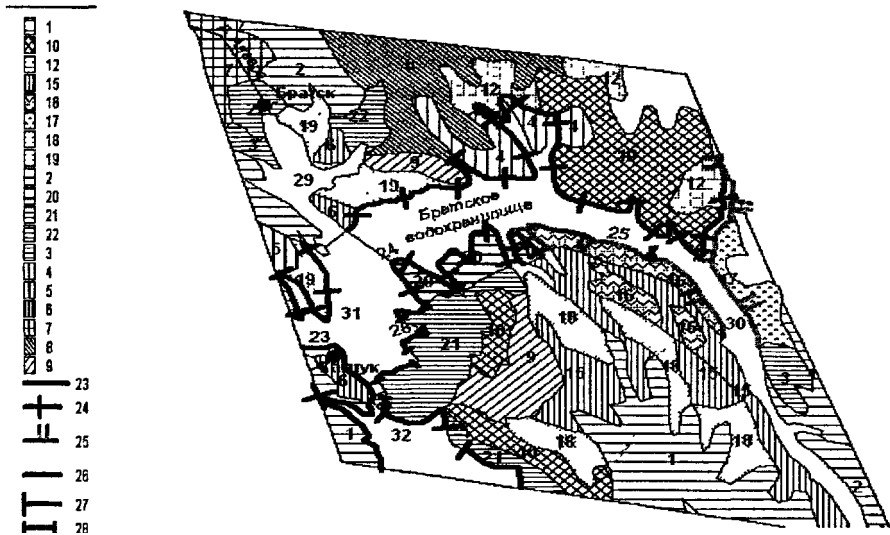


Рис. 3. Фрагмент ландшафтно-геоэкологической среднemasштабной карты зоны Братского водохранилища (исходный масштаб 1: 1 500 000). Значки легенды — слева, текст к ним - ниже

<sup>1</sup> Процент от общей площади территории

## **ЛАНДШАФТАНГАРСКОГО КРЯЖА**

### **Ярус мел-палеогеновой поверхности выравнивания**

#### **ЗОНА КОСВЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

##### **Условно-коренные комплексы**

*Урочища вершинных поверхностей, слабо расчлененные с маломощным элювиально-делювиальным покровом щебнистых суглинков и песков, моделируемые дефлюкцией и морозным выветриванием:*

- 1) в песчаниках ордовика с прослоями алевролитов, с сосновыми бруснично-травяными лесами на дерново-карбонатных почвах;
- 2) в аргиллитах, алевролитах и мергелях ордовика, с сосновыми бруснично-травяными лесами на дерново-карбонатных почвах;
- 3) в доломитах и известняках ордовика с прослоями песка, с сосновыми травяными лесами на дерново-карбонатных почвах;
- 4) в песчаниках ордовика с прослоями алевролитов, с сосновыми травяными лесами на подзолистых почвах;
- 5) в песчаниках ордовика с глинистыми прослоями, с сосновыми лишайниково-брусничными лесами на подзолистых почвах;

*Урочища привершинных пологих склонов, моделируемые слабым делювиальным смывом и солифлюкцией с маломощным элювиально-делювиальным покровом щебнистых суглинков и песков:*

- 6) в песчаниках ордовика с прослоями глин, с сосновыми травяно-брусничными, с примесью лиственницы лесами на подзолистых почвах;
- 7) в аргиллитах, алевролитах и мергелях кембрия, с сосновыми травяно-брусничными, с примесью лиственницы лесами на дерново-карбонатных почвах;
- 8) в песчаниках ордовика с прослоями алевролитов, с осиново-березовыми травяными лесами на подзолистых почвах;

*Урочища привершинных пологих склонов, моделируемые плоскостным смывом и солифлюкцией:*

- 9) с покровом делювиальных суглинков, под сосновыми травяно-брусничными, с примесью лиственницы лесами на подзолистых почвах;
- 10) с покровом делювиальных суглинков, под осиново-березовыми травяными лесами на подзолистых почвах.

##### **Природно-антропогенные модификации**

*Урочища под полевыми культурами, реке залежью и парами:*

- 11) вершинных поверхностей, слабо расчлененных в аргиллитах, алевролитах и мергелях ордовика на дерново-карбонатных почвах.

##### **Вторично-производные модификации**

*Урочища под гарями:*

- 12) пологих склонов, с покровом делювиальных суглинков на подзолистых почвах.

##### **Техногенные модификации**

*Урочища под поселениями:*

- 13) вершинных слабо расчлененных поверхностей в песчаниках ордовика с прослоями глин на дерново-карбонатных окультуренных почвах;
- 14) вершинных слабо расчлененных поверхностей в аргиллитах, алевролитах и мергелях ордовика на дерново-карбонатных окультуренных почвах.

#### **ЗОНА ПОДТОПЛЕНИЯ**

##### **Условно-коренные комплексы**

*Урочища вершинных поверхностей, слабо расчлененные с маломощным элювиально-делювиальным покровом щебнистых суглинков и песков, моделируемые дефлюкцией и морозным выветриванием:*

- 15) в песчаниках ордовика с прослоями алевролитов, с сосновыми бруснично-травяными лесами на дерново-карбонатных почвах;
- 16) в доломитах и известняках ордовика с прослоями песка, с сосновыми травяными лесами на дерново-карбонатных почвах;
- 17) в песчаниках ордовика с прослоями алевролитов, с сосновыми травяными лесами на подзолистых почвах;

*Урочища привершинных пологих склонов, моделируемые плоскостным смывом и солифлюкцией:*

- 18) с покровом лессовидных суглинков, под сосновыми травяно-брусничными, с примесью лиственницы лесами на подзолистых почвах.

### **Ярус неоген-четвертичной долинной сети**

#### **ЗОНА ПОДТОПЛЕНИЯ**

*Урочища комплекса высоких террас, слабо расчлененные, моделируемые суффозией и эоловыми процессами:*

- 19) с покровом делювиальных суглинков, под сосновыми бруснично-травяными лесами на дерново-карбонатных почвах;
- 20) с покровом аллювиальных песков, под сосновыми лишайниково-брусничными лесами на подзолистых почвах;
- 21) с покровом эоловых и аллювиальных песков, под сосновыми бруснично-травяными лесами на дерново-карбонатных почвах.

#### **Природно-антропогенные модификации**

*Урочища под полевыми культурами, реке залежью и парами:*

- 22) комплекса высоких террас, слабо расчлененные, с покровом делювиальных суглинков на дерново-карбонатных почвах.

#### **ЗОНА БЕРЕГОВОЙ ПЕРЕРАБОТКИ**

*Урочища абразионных склонов:*

- 23) в аргиллитах, алевролитах и мергелях ордовика с несплошным дресвяно-щепнистым покровом;
- 24) в позднечетвертичных делювиальных суглинках;
- 25) в песчаниках ордовика с прослоями глин с несплошным щепнисто-глыбовым покровом;

*Урочища абразионно-оползневых склонов:*

- 26) в песчаниках ордовика с прослоями алевролитов с чехлом оползневых песчано-суглинистых образований;

*Урочища абразионно-обвальных склонов:*

- 27) в песчаниках ордовика с прослоями глин с глыбовниками в основании;

*Урочища отмелей и береговых низин:*

- 28) в четвертичных отложениях разного состава, заболоченные.

#### **ЗОНА ПОСТОЯННОГО ЗАТОПЛЕНИЯ**

- 29) Приплотинный участок; 30) Широкий Наратайско-Заярский плес; 31) Долоновское озеровидное расширение (плес); 32) Калтукское озеровидное расширение (плес).

2) *Лено-Ангарского плато (26,0%)*, сложенного песчаниками, пелитовыми и известняковыми отложениями кембрия и ордовика, под сосняками травяными остепненными на дерново-карбонатных и серых лесных почвах: а) с большой протяженностью скалистых нейтральных берегов в зоне береговой переработки; б) с незначительными площадями зоны подтопления (5,3% площади данного ландшафта) на меридиональном участке с крутыми и высокими берегами; в) с наличием в котловинах и днищах долин, а также на склонах южной экспозиции

мелкодерновинно-злаковых степных комплексов с галофитно-луговой растительностью;

3) *Иркутско-Черемховской равнины (25,4%)*, сложенной карбонатными породами кембрия и песчаниками юры с покровом лессов, под лугово-степной, с участками лесной растительности подтайги на черноземах выщелоченных и дерново-карбонатных и бескарбонатных почвах. С лессовыми отложениями в наибольшей мере связана активизация площадных природно-антропогенных процессов в зоне подтопления (17,6% площади данного ландшафта). Данный ландшафт характеризуется наибольшей сельскохозяйственной освоенностью (12,2% - в зоне косвенного воздействия, 25% - в зоне подтопления).

В пределах каждого из ландшафтов прослежены:

- **два яруса** по геоморфологическому критерию (ярус поверхности выравнивания и ярус долинной сети). Первый образуют вершинные поверхности и привершинные склоны, достаточно резко отделяющиеся от свежих форм рельефа долинной сети. Поверхность выравнивания имеет двухуровневое строение. В прочных породах (траппы, песчаники, известняки) она выше. Отметки вершинных поверхностей составляют 700-750 м. А в податливых к размыву мергелях, аргиллитах и алевролитах высоты поверхности выравнивания заметно ниже и колеблются от 500 до 550 м.

- **четыре функциональные зоны** по специфике природно-антропогенных процессов:

1. *Зона косвенного воздействия.* Она находится в сфере климатического воздействия водохранилища (35-50 км) и характеризуется широкомасштабными трансформациями условно-коренных комплексов в их модификации.

2. *Зона подтопления.* Располагается в полосе прямого гидрогеологического воздействия (4-7 км), где одним из определяющих факторов формирования ландшафтов является подъем уровня грунтовых вод и изменение гидрогеологической обстановки. В таких модификациях имеет место гидроморфитизация растительных сообществ, а также оглеение или просто переувлажнение почв. В зоне непосредственного воздействия водохранилища при подъеме грунтовых вод до 0,3-0,5 м (зона сильного подтопления) уже в первые два года существования искусственного водоема в 2-3 раза сокращается число прежних видов, из травостоя выпадают мезофильные злаки и бобовые, поселяются гигрофиты (осоки, камыш лесной, сабельник болотный) и гигромезофиты (мятлик болотный, щучка дернистая), сужается экологический ареал растительности. В первую половину вегетационного периода происходит интенсивное засоление выщелоченных черноземов и преобразование их в коровые солончаки. Дополнительное грунтовое увлажнение вызвало усложнение однообразной в прошлом разнотравно-ковыльной степи за счет появления галофитных и луговых ассоциаций.

Помимо изменений почвенно-растительных условий, происходит активизация площадных природно-антропогенных процессов - особенно суффозии и карста, а отчасти и эрозии. Так, эрозионные процессы приурочены в основном к лессовидным позднеплейстоценовым суглинкам, а суффозионные и карстовые процессы также и к мергелям, алевролитам, загипсованным аргиллитам, доломитам позднего кембрия.

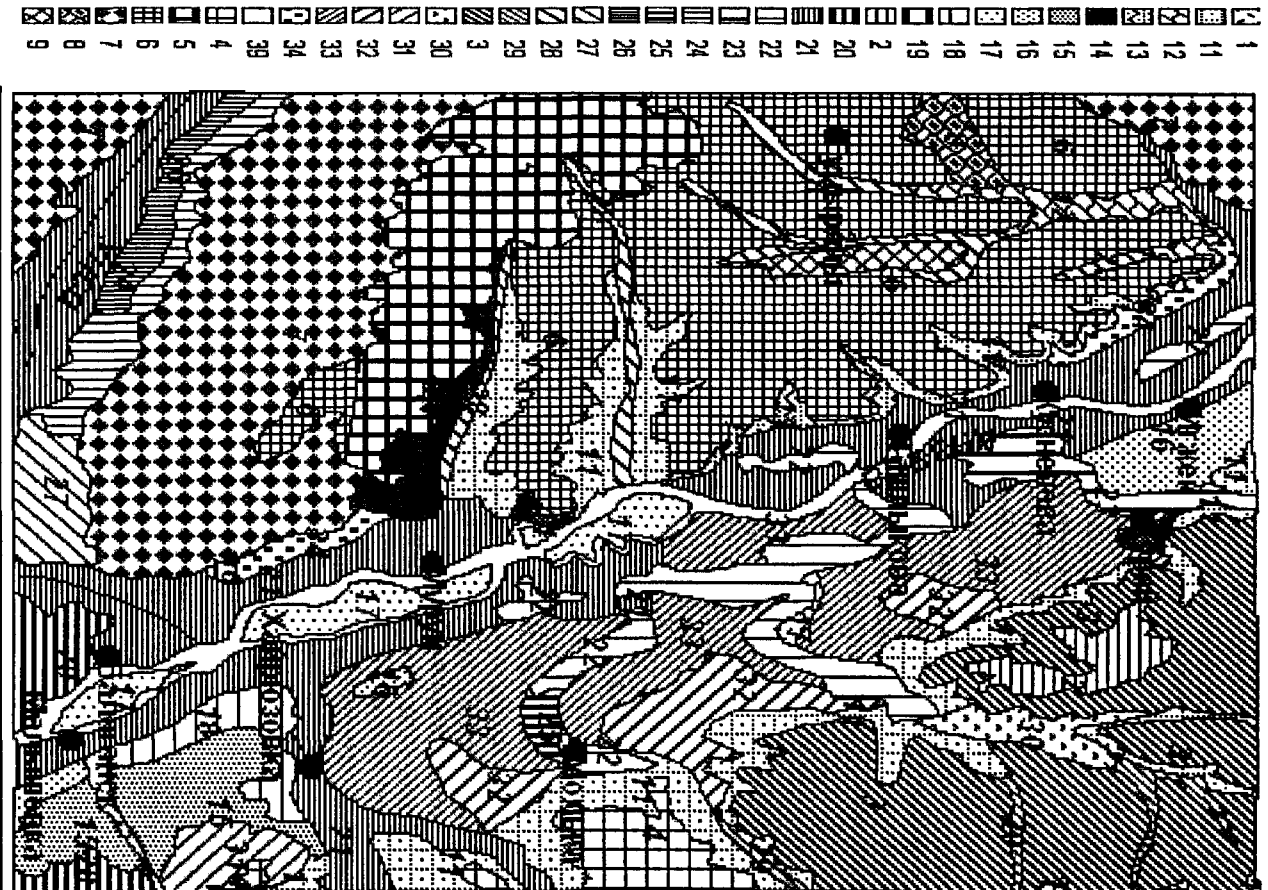


Рис. 4. Фрагмент ландшафтно-геологической крупномасштабной карты ключевого участка «Балганск-Кяхта» (исходный масштаб 1:200 000) до создания водохранилища. Значки легенды – слева, текст к ним – ниже

## **Ландшафты до создания водохранилища**

### **Ярус мел-палеогеновой поверхности выравнивания: верхний уровень**

#### **Условно-коренные комплексы**

*Урочища вершинных поверхностей плоско-увалистых, в песчаниках, алевролитах, мергелях позднего кембрия, сильно расчлененные, высотой 720-730 м с покровом элювиально-делювиальных щебнистых суглинков:*

1) под лиственнично-березово-сосновым травяным лесом на слабоподзоленных почвах;

2) под сосняками бруснично-разнотравными на подзолистых почвах;

*Урочища крутых привершинных склонов в алевролитах, аргиллитах, мергелях, песчаниках позднего кембрия, слабо расчлененные, с маломощным покровом элювиально-делювиальных щебнистых суглинков:*

3) под лиственнично-березово-сосновым травяным лесом на слабоподзоленных почвах;

4) под сосняками бруснично-разнотравными на подзолистых почвах.

### **Ярус мел-палеогеновой поверхности выравнивания: нижний уровень**

#### **Условно-коренные комплексы**

*Урочища вершинных поверхностей в гравелитах, песчаниках, глинах юры, холмисто-увалистые, слабо расчлененные, высотой 580-600 м, с маломощным покровом лессовидных суглинков:*

5) под осиново-лиственничными лесами на дерново-подзолистых почвах;

*Урочища пологих привершинных склонов, в позднеплейстоценовых лессовидных суглинках, расчлененные деллями:*

6) под березовым травяным редколесьем на подзолистых почвах;

7) под типчаково-ковыльной степью на черноземах выщелоченных;

8) под типчаково-ковыльной степью с сосново-березовыми колками на черноземах выщелоченных.

#### **Природно-антропогенные модификации**

*Урочища под полевыми культурами, залежью или парами:*

9) пологих привершинных склонов, сложенные позднеплейстоценовыми лессовидными суглинками, расчлененные деллями с черноземными почвами.

#### **Техногенные модификации**

*Урочища под поселениями:*

10) привершинных склонов, сложенных позднеплейстоценовыми лессовидными суглинками с подзолистыми окультуренными почвами.

### **Ярус неоген-четвертичной долинной сети**

#### **Условно-коренные комплексы**

*Урочища долинных пологих склонов в мергелях, алевролитах, загипсованных аргиллитах, доломитах позднего кембрия, расчлененные деллями, с покровом позднеплейстоценовых лессовидных суглинков:*

11) под лугово-степной разнотравно-крупнозлаковой растительностью на черноземах выщелоченных;

12) под березово-сосновым олуговельным редколесьем на дерново-карбонатных почвах;

13) под сосновыми остепненными лесами на подзолистых почвах;

14) под закустаренным суходолом на луговых почвах;

*Урочища 120-метровой плиоцен-нижнечетвертичной террасы, сложенной лессовидными суглинками:*

15) под березово-сосновыми травяными лесами на дерново-карбонатных почвах;

*Урочища 35-40 м и 50-60-метровых среднечетвертичных террас, сложенных галечниками, песками, алевритами и глинами:*

16) под дерновинно-мелкозлаковой степью на черноземах выщелоченных;

17) под суходольным закустаренным лугом на луговых почвах;

18) под березняком злаковым на подзолистых почвах;

*Урочища 6-8 м, 10-12 м и 16-20-метровых позднечетвертичных террас, сложенных песками и алевrolитами:*

- 19) под суходолом на аллювиальных почвах;
- 20) под типчаково-ковыльной степью с березовыми колками на черноземах выщелоченных;

*Урочища поймы, сложенной галечниками, песками и алевrolитами:*

- 21) под сырым лугом на аллювиальных почвах;
- 22) под осоково-болотно-луговой формацией на болотно-аллювиальных почвах;
- 23) под осоково-болотно-луговой закустаренной формацией на болотно-аллювиальных почвах;
- 24) под мелкодерновинно-злаковой растительностью на аллювиальных почвах;
- 25) под галофитной растительностью с солянкой и полынью на аллювиальных почвах;
- 26) под мелкодерновинно-злаковыми пятнистыми степями в сочетании с галофитными лугами на аллювиальных почвах;
- 27) под березняками травяными на аллювиальных почвах;

*Урочища днищ падей в алевrolитах, аргиллитах, мергелях, песчаниках позднего кембрия, с покровом коллювия и балочного аллювия:*

- 28) под сырым лугом на аллювиальной оторфованных почвах;
- 29) под лугово-степной разнотравно-крупнозлаковой растительностью на аллювиальных почвах;
- 30) под галофитной растительностью с солянкой и полынью на аллювиальных почвах.

#### **Природно-антропогенные модификации**

*Урочища под полевыми культурами, залежью или парами:*

- 31) долинных пологих склонов в мергелях, алевrolитах, загипсованных аргиллитах, доломитах позднего кембрия, с покровом лессовидных суглинков с черноземными почвами;
- 32) 120-метровой плиоцен-нижнечетвертичной террасы, сложенной лессовыми отложениями с черноземами;
- 33) 35-40 м и 50-60-метровых среднечетвертичных террас, сложенных галечниками, песками, алевrolитами и глинами с подзолистыми почвами;
- 34) 6-8 м, 10-12 м и 16-20-метровых среднечетвертичных террас, сложенных песками и алевrolитами с черноземными почвами.

#### **Техногенные модификации**

*Урочища под поселениями:*

- 35) долинных пологих склонов в мергелях, алевrolитах, загипсованных аргиллитах, доломитах позднего кембрия, с покровом лессовидных суглинков с дерново-карбонатными окультуренными почвами;
- 36) 35-40 м и 50-60-метровых среднечетвертичных террас, сложенных галечниками, песками, алевrolитами и глинами с черноземными почвами с маломощным культурным слоем;
- 37) 6-8, 10-12 м 16-20-метровых позднечетвертичных террас, сложенных песками и алевrolитами с черноземными окультуренными почвами;
- 38) поймы, сложенной галечниками, песками и алевrolитами на аллювиальных окультуренных почвах.

3. *Зона береговой переработки.* Зона катастрофических изменений ландшафтов, где условно-коренные комплексы практически полностью разрушены под воздействием абразии и других экзодинамических процессов и возникли новые, самые динамичные, в основном абразионные, модификации.

4. *Зона постоянного затопления,* где комплексы превращены в мертвые подводные образования.



## **Ландшафты после создания водохранилища**

### **Ярус мел-палеогеновой поверхности выравнивания: верхний уровень ЗОНА КОСВЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА**

#### **Условно-коренные комплексы**

*Урочища вершинных поверхностей плоско-увалистых, с покровом элювиально-делювиальных щебнистых суглинков в песчаниках, алевролитах мергелях позднего кембрия, сильно расчлененные, высотой 720-730 м:*

- 1) под лиственнично-березово-сосновым травяным лесом на слабоподзоленных почвах;
- 2) под сосняками бруснично-разнотравными на подзолистых почвах;  
*Урочища крутых привершинных склонов в алевролитах, аргиллитах, мергелях, песчаниках позднего кембрия, слабо расчлененные, с маломощным покровом элювиально-делювиальных щебнистых суглинков:*
- 3) под лиственнично-березово-сосновым травяным лесом на слабоподзоленных почвах;
- 4) под сосняками бруснично-разнотравными на подзолистых почвах.

#### **Вторично-производные модификации**

##### *Урочища под вырубками*

- 5) крутых привершинных склонов в алевролитах, аргиллитах, мергелях, песчаниках позднего кембрия, с маломощным покровом элювиально-делювиальных щебнистых суглинков на слабоподзолистых почвах.

### **Ярус мел-палеогеновой поверхности выравнивания: нижний уровень ЗОНА КОСВЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА**

#### **Условно-коренные комплексы**

*Урочища вершинных поверхностей в гравелитах, песчаниках, глинах юры, холмисто-увалистые, слабо расчлененные, высотой 580-600 м, с маломощным покровом лессовидных суглинков:*

- 6) под, осиново-лиственничными лесами на дерново-подзолистых почвах;  
*Урочища пологих привершинных склонов в позднеплейстоценовых лессовидных суглинках, расчлененные деллями:*
- 7) под березовым травяным редколесьем на подзолистых почвах;
- 8) пор, типчаково-ковыльной степью на черноземах выщелоченных;
- 9) под типчаково-ковыльной степью с сосново-березовыми колками на черноземах выщелоченных.

#### **Природно-антропогенные модификации**

##### *Урочища под полевыми культурами, залежью и парами*

*Унаследованные:*

- 10) пологих привершинных склонов в позднеплейстоценовых лессовидных суглинках с черноземными почвами.

*Новообразованные:*

- 11) пологих привершинных склонов в позднеплейстоценовых лессовидных суглинках с черноземными почвами.

#### **Вторично-производные модификации**

##### *Урочища под вырубками*

- 12) вершинных холмисто-увалистых поверхностей в гравелитах, песчаниках, глинах юры, с маломощным покровом лессовидных суглинков на дерново-подзолистых почвах;
- 13) пологих привершинных склонов, сложенных лессовидными суглинками на подзолистых почвах.

#### **Техногенные модификации**

##### *Урочища под поселениями*

*Унаследованные:*

14) привершинных склонов, сложенных лессовидными суглинками с подзолистыми окультуренными почвами.

*Новообразованные:*

15) привершинных склонов, сложенных лессовидными суглинками с подзолистыми окультуренными почвами.

## **Яруснеоген-четвертичной долинной сети**

### **ЗОНА ПОДТОПЛЕНИЯ**

#### **Условно-коренные комплексы**

*Урочища долинных пологих склонов в мергелях, алевролитах, загипсованных аргиллитах, доломитах позднего кембрия, расчлененных деллями, с покровом позднеплейстоценовых лессовидных суглинков:*

16) под лугово-степной разнотравно-крупнозлаковой растительностью на черноземах выщелоченных;

17) под березово-сосновым олуговелым осоковым редколесьем на дерново-карбонатных почвах;

18) под сосновыми остепненными лесами на подзолистых почвах;

19) под сырым осоковым лугом на луговых почвах;

*Урочища днищ падей в алевролитах, аргиллитах, мергелях, песчаниках позднего кембрия, с покровом коллювия и балочного аллювия:*

20) под сырым лугом на аллювиальной оторфованных почвах;

21) под лугово-степной разнотравно-крупнозлаковой растительностью с участием галофитов на аллювиальных засоленных почвах;

22) под лугом гигрофитным и гигромезофитным на аллювиальных почвах.

#### **Природно-антропогенные модификации**

*Урочища под полевыми культурами, залежью и парами*

*Унаследованные:*

23) долинных пологих склонов в мергелях, алевролитах, загипсованных аргиллитах, доломитах позднего кембрия, с покровом позднеплейстоценовых лессовидных суглинков с черноземными почвами;

24) 120-метровой плиоцен-нижнечетвертичной террасы, сложенной лессовыми отложениями с черноземами;

25) 35-40 м и 50-60-метровых среднечетвертичных террас, сложенных галечниками, песками, алевролитами и глинами с подзолистыми почвами.

*Новообразованные:*

26) долинных пологих склонов в мергелях, алевролитах, загипсованных аргиллитах, доломитах позднего кембрия, с покровом позднеплейстоценовых лессовидных суглинков с черноземными почвами;

27) 120-метровой плиоцен-нижнечетвертичной террасы, сложенной лессовыми отложениями с черноземами.

#### **Техногенные модификации**

*Урочища под поселениями*

*Унаследованные:*

28) долинных пологих склонов в мергелях, алевролитах, загипсованных аргиллитах, доломитах позднего кембрия, с покровом лессовидных суглинков с дерново-карбонатными окультуренными почвами;

29) 35-40 м и 50-60-метровых террас раннего плейстоцена на аллювиальных песчаных, гравийно-галечных, суглинистых, супесчаных и песчаных отложениях с опесчаненными почвами с маломощным культурным слоем.

*Новообразованные:*

30) долинных пологих склонов в мергелях, алевролитах, загипсованных аргиллитах, доломитах позднего кембрия, с покровом лессовидных суглинков с дерново-карбонатными окультуренными почвами;

31) 120-метровой плиоцен-нижнечетвертичной террасы, сложенной лессовыми отложениями с черноземами.

### **ЗОНА БЕРЕГОВОЙ ПЕРЕРАБОТКИ**

#### **Природно-антропогенные модификации**

*Урочища абразионных склонов*

32) в мергелях, алевролитах, загипсованных аргиллитах, доломитах позднего кембрия, спокровом позднеплейстоценовых лессовидных суглинков;

33) в лессовидных суглинках

*абразионно-суффозионно-карстовые*

34) в лессовидных суглинках;

35) в мергелях, алевролитах, загипсованных аргиллитах, доломитах позднего кембрия

*абразионно-эрозионные*

**36)** в лессовидных суглинках.

### **ЗОНА ПОСТОЯННОГО ЗАТОПЛЕНИЯ**

**37)** Устьудинско-Балаганский плес.

Картографирование геосистемы осуществлено следующими приемами:

*Для мелкомасштабного картографирования.* 1) наличие трех ландшафтов видно благодаря границам между ними и по разнице гаммы заливки; 2) разные функциональные зоны отделены границами: на урочища в зоне подтопления наложен крап; 3) нижний уровень картографирования — урочища — имеют последовательную нумерацию; 4) природно-антропогенные, вторично-производные и техногенные модификации даны более темной заливкой; 5) серия знаков использована для показа затронутости урочищ различными типами природно-антропогенных процессов.

*Для крупномасштабного картографирования:* 1) разные функциональные зоны имеют разную фоновую заливку; 2) нижний уровень картографирования - урочища - имеют последовательную нумерацию; 3) урочища, выделенные как условно-коренные комплексы, оставлены без каких-либо других дополнительных знаков; 4) урочища, представляющие вторично-производные, природно-антропогенные и техногенные модификации, различаются друг от друга путем наложения на каждую из трех названных категорий неодинакового крапа; 5) весьма важные для раскрытия темы два типа урочищ - новообразованные и унаследованные - имеют порядковый номер в красном квадрате и красный квадрат соответственно; 6) серия знаков использована для показа затронутости урочищ различными типами природно-антропогенных процессов; к берегам даются цифровые оценки темпов их отступления.

Знание макроструктуры геосистемы района Братского водохранилища позволяет в упорядоченной форме оценить ландшафтные трансформации, связанные с «вторжением» в природную среду рукотворного моря. Предложен коэффициент модификационного замещения условно-коренных комплексов как отношение суммы площадей унаследованных и новообразованных модификаций к площади унаследованных. Для ключевого участка «Балаганск-Кяхта» этот коэффициент равен 6,2. Таким образом, в данный момент модификации занимают площадь более чем в шесть раз большую, чем до создания водохранилища. Условно-коренные комплексы зон постоянного затопления и береговой переработки полностью перешли в природно-антропогенные модификации, в зоне подтопления также идет активное замещение, коэффициент в этой зоне составляет 4,3. Дублерами утраченных стали новообразованные ландшафтные модификации.

Однако их продуктивный потенциал существенно ниже, чем у потерянных. В частности, это связано с очаговым разрушением земель в пределах новообразованных модификаций. На пашне и в поселениях это происходит из-за резкой активизации суффозии, карста, образования западин и провалов в зоне подтопления. На распаханых высоких междуречьях активны эрозия и дефляция.

На основе сопоставления двух ландшафтно-геоэкологических карт на ключевой участок, отображающих ситуацию до и после создания водохранилища можно сделать следующие выводы:

1. В районе водохранилища в той или иной степени произошла повсеместная полиструктурная трансформация ландшафтов. Степень и особенности ее неодинаковы - от некоторого снижения экологического потенциала одних в зоне косвенного воздействия водоема (34,5%)<sup>1</sup> до точечно-очагового и линейного деструктивно-денудационного нарушения других в зоне подтопления (50,7%), от повсеместного берегового переформирования в зоне контакта водоем-суша и до полного омертвления бывших наземных природных и антропогенно-модифицированных систем в зоне постоянного затопления (11,0%).

2. Практически полностью потерян нижний ландшафтный ярус. Полностью затоплена пойма, комплекс низких террас и частично - средних террас, а также нижние части придолинных склонов с луговой и степной растительностью. Именно здесь находились самые обширные и продуктивные пахотные и пастбищные земли.

3. Часть долинного яруса находится в зоне подтопления. Поэтому составляющие ее ландшафтные подразделения подверглись сильному воздействию природно-антропогенных процессов. Полностью распаханы земли на 120-метровой террасе, где произрастала мелкодерновинно-злаковая растительность на черноземах выщелоченных.

4. Из-за резкой нехватки полевых угодий в долинном ярусе геосистемы условно-коренные комплексы яруса поверхности выравнивания активно трансформируются в агроландшафты. Новообразованные природно-антропогенные модификации характеризуются большими уклонами поверхности и менее продуктивными почвами. В основном они приурочены к нижнему уровню поверхности выравнивания. На 90% распаханы сложенные лессами привершинные пологие склоны, где были распространены типчаково-ковыльные ассоциации на черноземах выщелоченных. Полностью распаханы склоны, выходящие к заливу Унга.

5. Под воздействием хозяйственной деятельности новообразованные полевые модификации стали подвергаться ускоренной эрозии. Это происходит почти повсеместно в северной и центральной частях ключевого участка на склонах, сложенных лессовидными суглинками. Под влиянием подтопления здесь же активизировались суффозия и связанные с ней просадки и провалы, а в южной части развит карст в мергелях, алевролитах, загипсованных аргиллитах, доломитах позднего кембрия, слагающих долинные склоны и перекрывающих их лессовидных суглинках верхнего комплекса террас.

6. После создания водохранилища в несколько раз интенсифицировалась хозяйственная деятельность: проводится распашка на месте не только мелкодерновинно-злаковых и типчаково-ковыльных степей, но и вырубка сосново-березовых редколесий; развивается лесная промышленность - сплошные рубки распространились на осиново-лиственничные, березовые леса вершинных

---

<sup>1</sup> Процент от площади ключевого участка

поверхностей и привершинных склонов нижней ступени яруса поверхности выравнивания и лиственнично-березово-сосновые леса крутых привершинных склонов верхнего уровня поверхности выравнивания.

*Заключение.* В диссертации на основании междисциплинарного подхода проведено сопряженное изучение природно-антропогенных процессов и ландшафтов зоны Братского водохранилища.

Природно-антропогенная геосистема Братского водохранилища — ландшафты Ангарского кряжа, Лено-Ангарского плато и Иркутско-Черемховской равнины - с двухчленным геоморфологическим каркасом и системой четырех функциональных зон (косвенного воздействия водохранилища, подтопления, береговой переработки и постоянного затопления) отличается от окружающих территорий более сложной ландшафтной структурой и активной экзодинамикой как в целом, так и на уровне подразделений, вплоть до урочищ.

Структурно-функциональное обособление геосистемы вследствие появления огромного водоема усложнено всплеском новообразования природно-антропогенных модификаций ландшафтов, соответствующего уменьшения ареалов условно-коренных комплексов, и понижением экологического потенциала геосистемы.

Последняя волна глобального потепления климата отразилась в увеличении числа лесных пожаров, в продолжающемся активном развитии природно-антропогенных процессов, переформировании берегов вопреки ожиданию некоторого их затухания.

Мы полагаем, что разработанный подход может быть использован в ландшафтно-геоэкологических исследованиях в районах крупнейших водохранилищ, созданных на высоких равнинах и плоскогорьях.

#### **Работы, опубликованные по теме диссертации:**

1. Мочалова О.И. Изменения климатических условий в Ангаро-Енисейском регионе в связи с проблемой трансформации ландшафтов // Горшков С.П., Ванденберг Дж., Алексеев Б.А., Мочалова О.И., Тишкова М.А. Климат, мерзлота и ландшафты Среднеенисейского региона. - М.: Географический факультет, 2003. - С. 22-35. (На русском и английском языках).
2. Мочалова О.И. Опыт ландшафтно-геоэкологического картографирования зоны Братского водохранилища // Актуальные проблемы геоэкологии. Материалы международной научной конференции. - Тверь, 2000. - С. 136-138.
3. Мочалова О.И., Алексеев Б.А., Горшков С.П., Евсеева Л.С., Тишкова М.А., Особенности глобального потепления в Ангаро-Енисейском регионе // Актуальные проблемы геоэкологии. Материалы международной научной конференции. - Тверь, 2002. - С. 144-146.
4. Евсеева Л.С., Мочалова О.И. Сравнение структуры изменений климата Арктического побережья России и территории Центральной Сибири // Тезисы докладов Всемирной конференции по изменению климата - М., 2003. - С. 356-358. (На русском и английском языках).
5. Мочалова О.И., Горшков С.П. Сток Ангары и Енисея: влияние крупных водохранилищ и потепления климата // Материалы конференции ЭКВАТЭК. - М., 2004. - С. 152-153.
6. Мочалова О.И. Братское водохранилище: изменение природных условий в результате его создания и эксплуатации // Тезисы докладов. VI Всероссийский гидрологический съезд. - СПб.: Гидрометеиздат, 2004. - С. 180-182.

Подписано в печать 21.04.2005  
Объем 1.75 печ.л.  
Тираж 150 экз. Заказ № 71  
Отпечатано в ООО «Соцветие красок»  
119992, г.Москва, Ленинские горы, д.1  
Главное здание МГУ, к.102

