

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ

РГБ ОД

23 СЕН 2001

На правах рукописи

ПОТЁМКИНА Татьяна Гавриловна

ЛИТОДИНАМИКА ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ

11.00.04 - геоморфология и эволюционная география

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание учёной степени кандидата
географических наук

Иркутск – 2000

Работа выполнена в Лимнологическом институте СО РАН

Научные руководители: доктор географических наук В.Б. Выркин
кандидат геолого-минералогических наук А.Н. Сутурин

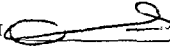
Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук Г.Ф. Уфимцев
кандидат географических наук О.И. Баженова

Ведущая организация: Иркутский государственный университет

Защита состоится 28 июня 2000 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета
Д 002.60.02 при Институте географии СО РАН, по адресу 664033, Иркутск,
ул. Улан-Баторская, 1. Fax: (3952) 467717, e-mail: root@irigs.irkutsk.su

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института географии СО РАН.

Автореферат разослан "22" мая 2000 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, к.г.н.  Ю.В.РЬКОВ

29(2PS)226.1 байкал, 0

2226.5, 0

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Озеро Байкал отличается глубоководностью, наличием относительно узкого мелководья и крутого подводного склона. Перемещение и накопление наносов в озере происходит на определенных структурных уровнях дна озера. К ним относятся: прибрежная зона, склон, подножие склона и днище озера.

Прибрежная зона является первым уровнем, на который поступает осадочный материал с суши. В этой зоне происходит взаимодействие трех земных оболочек – гидросферы, литосферы и атмосферы. Литодинамическое функционирование прибрежной зоны заключается в образовании, переработке, распределении осадочного материала, питании наносами нижележащих структурных уровней дна. Прибрежная зона выполняет роль мощного фильтра осадочного материала, поступающего в ее пределы, и является важным литодинамическим звеном озера.

Изучение этого направления тесно связано с проблемами геоэкологии прибрежной зоны. В настоящее время эта зона находится под мощным антропогенным прессом и ее изучение необходимо для выяснения степени влияния техногенных факторов на состояние окружающей среды.

Актуальность проблемы с точки зрения практических задач обусловлена решением вопросов гидротехнического и рекреационного строительства, запросами навигации, берегозащитой и т.д.

Изучение литодинамики прибрежной зоны Байкала имеет важное как научное, так и практическое значение и должно стать составной частью комплексных исследований оз. Байкал. Эта проблема до настоящего времени остается недостаточно изученной, поэтому и возникла необходимость в подготовке данной работы.

Цель работы. Количественная оценка литодинамического функционирования прибрежной зоны оз. Байкал на основе балансового метода.

Для этого были поставлены следующие задачи:

1. Изучение природных условий в бассейне оз. Байкал, способствующих образованию и мобилизации осадочного материала в прибрежную зону озера.
2. Количественная оценка основных источников поступления осадочного материала в прибрежную зону озера в целом, прибрежную зону каждой из трех котловин, побережье восточного и западного берегов в отдельности, т.е. приходной составляющей балансовых расчетов.
3. Выяснение роли дельтовых участков рек, как ловушек осадочного материала.
4. Динамическое районирование прибрежной зоны озера.

5. Изучение литодинамических процессов в прибрежной зоне озера: образование, переработка, перемещение, распределение осадочного материала в прибрежной зоне, питание наносами глубоководной части озера.

6. Определение количественных показателей расходной составляющей балансовых расчетов для прибрежной зоны озера.

7. Оценка интенсивности накопления осадочного материала от рассматриваемых источников в оз. Байкал.

Используемые материалы. Основной материал, используемый в работе, получен автором за двадцатилетний период (с 1980 г.) в составе экспедиционных отрядов Лимнологического института и международных экспедиций в рамках исследований Байкальского Международного Экологического Центра (BICER). В работе использовались наблюдения автора за стоковыми течениями основных притоков озера, за содержанием взвешенного вещества в водах притоков и озера. Применялись данные автора о гранулометрическом и минералогическом составе взвешенного материала и донных отложений притоков, прибрежной и глубоководной зон. Использовались результаты исследования потока вещества на дно открытой части озера, полученные с помощью седиментационных ловушек. Применялись материалы автора о залповом проникновении прибрежной взвеси в глубоководные районы озера посредством механизма термобара, теоретические разработки соискателя с соавторами по ветровому переносу терригенных частиц над озером. Использовались также материалы наблюдений РОСКОМГИДРОМЕТА за стоком воды и наносов притоков Байкала и данные литературных источников.

Защищаемые положения.

1. Крупные притоки оз. Байкал поставляют в глубоководные районы водоема лишь седьмую часть транспортируемого ими материала. Основная масса речных наносов перехватывается дельтовыми и авандельтовыми участками, что часто не учитывается. Тем самым, устьевые области крупных притоков Байкала, являясь ловушками седиментационного материала, вносят существенные изменения в поставку речных наносов в озеро.

2. Масса поставляемого в прибрежную зону осадочного материала абразионным и речным источниками является основной и определяет годовую норму поступлений терригенного материала, причем ведущими являются процессы абразии, что согласуется со значительным энергетическим потенциалом прибрежной зоны и отражает большой запас механической энергии гидрогенных факторов.

3. Прибрежная зона является первым уровнем дна озера, куда поступает осадочный материал с суши. Она является средой образования, переработки, распределения осадочного материала. Подготовленные в этой зоне осадки питают нижележащие структурные уровни дна водоема. В целом, прибрежная зона является тран-

зитным участком на пути осадочного материала к области абсолютной аккумуляции - днищу озера.

Научная новизна. В работе впервые дана количественная оценка литодинамической деятельности прибрежной зоны, в основу которой (оценки) положен балансовый метод. Показана роль прибрежной зоны в переработке, распределении, образовании осадочного материала. В работе определено значение устьевых областей (дельта и авандельта) рек как ловушек речного материала и количественно оценен фактический вынос речных наносов в глубоководный Байкал. Изучено залповое проникновение взвешенного вещества из прибрежной зоны в глубинные районы озера посредством механизма термобара. Впервые получен гранулометрический состав терригенной взвеси в водной толще центрального Байкала методом электронного микронзондирования.

Практическое значение. Результаты работы дают возможность более обоснованно решать задачи гидротехнического и портового строительства, курортного и туристического дела, проблемы навигации и берегозащиты, экологического загрязнения прибрежной зоны и озера и т.д., помогут, в конечном итоге, определить направления рационального использования природных ресурсов Байкала. Выполненные исследования позволят по-новому подойти к изучению, моделированию, прогнозированию ряда морфо- и литодинамических процессов.

Часть материалов диссертации использовалась в отчетах Лимнологического института по плану НИР АН и в отчетах по хозяйственным работам: "Экодинамические и литодинамические процессы в озерных котловинах", "Междисциплинарное исследование закономерностей функционирования экосистемы оз. Байкал в современный период", "Влияние твердого стока селеносных рек на береговые процессы и экологию гидробионтов", "Влияние очищенных сточных вод СЦКК на экосистему р. Селенги и формирование донных осадков" и др. Имеются справки о внедрении результатов исследований в практику.

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались на 1 региональной, 5 всесоюзных и общероссийских, 4 международных совещаниях и конференциях.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 25 работ.

Объем работы. Диссертация изложена на 149 страницах и состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы. Работа иллюстрирована 20 рисунками и схемами, 14 таблицами. Список литературы содержит 146 наименований.

Автор благодарен профессору, д.г.н. Л.Н. Ивановскому, к.г.н. В.А. Фиалкову, д.г.н. В.Б. Выркину, к.г.-м.н. А.Н. Сутурину, чьи рекомендации и советы постоянно пользовался соискатель в процессе подготовки данной работы.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируется цель работы, отмечается научная новизна и практическая значимость исследований.

В первой главе описываются условия формирования осадочного материала в бассейне озера.

Соотношение площади акватории озера к площади его водосбора составляет 1:18, что свидетельствует о существенной роли суши в питании водоема.

Рельеф бассейна Байкала отличается значительной расчлененностью и активным состоянием, являющимися следствием интенсивно действующих эндогенных и экзогенных процессов. Амплитуда высот между горными вершинами и коренным дном Байкальской депрессии, превышающая 9000 м /Флоренсов, 1960; Хатчинсон и др., 1993/, определяет значительную крутизну склонов и высокий энергетический потенциал переноса обломочного материала. Неотектоническая активность в бассейне озера и связанная с нею сейсмичность оказывают сильное влияние на ход процессов дезинтеграции горных пород, представленных здесь разновозрастными магматическими, метаморфическими и осадочными породами.

В условиях повышенной сейсмичности в котловине озера часто возникают подводные оползни, переходящие в суспензионные потоки, взмучивание, переотложение осадков и другие подобные явления.

На фоне резко континентального климата в бассейне озера, огромная водная масса водоема оказывает смягчающее влияние на климат только прибрежной полосы /Ладейщиков, 1975, 1982/. Вследствие этого, берега находятся под воздействием то сравнительно теплых и увлажненных воздушных масс с озера, то холодных ветровых потоков с континента, что благоприятствует резкой смене температуры и образованию обломочного материала на склонах. Атмосферные осадки, сумма которых в бассейне составляет 170 - 1400 мм в год /Афанасьев, 1976/, способствуют разрушению пород и доставке осадочного материала к озеру. Притоки Байкала транспортируют образовавшийся в бассейне осадочный материал непосредственно в водоем. Сезонная и многолетняя мерзлота вносят свой вклад в дезинтеграцию пород и почв, в формирование осадочного материала /Выркин, 1998/. Антропогенная деятельность (возведение плотины, строительство железных дорог, пожары и вырубка лесов, распашка малосвязанных легких почв и т.д.) создает дополнительные источники осадочного материала. Таким образом, в бассейне Байкала существуют благоприятные условия для образования осадочного материала и мобилизации его в водоем.

Во второй главе рассматриваются основные источники поступления осадочного материала в прибрежную зону оз. Байкал и дается количественная их оценка. К

основным источникам относятся: твердый сток притоков (взвешенные и влекомые наносы), эоловые процессы, абразия берегов и дна подводной отмели, переходящие в твердую фазу компоненты растворенного химического стока. Показывается влияние дельт на изменение поступления речных наносов в озеро. Рассматриваются основные характеристики процессов донной абразии и рассчитываются ее скорости.

Более 90% площади бассейна Байкала занято водосборными бассейнами крупных рек: Селенги, Верхней Ангары, Баргузина, Турки. Эти реки образуют так называемый большой бассейн Байкала. Бассейны остальных притоков составляют малый бассейн, представленный территорией непосредственного побережья и склонов прилежащих к озеру хребтов. Притоки поставляют в озеро ежегодно около 2844 тыс.т взвешенных наносов. Но нельзя считать, что весь твердый сток, измеряемый обычно в доустевых створах рек, поступает в приемный водоем /Наливкин, 1956; Крашенинников, 1971; Шуйский, 1986 и др./ . Этот вывод, известный еще с 30-40-х годов, часто не учитывается исследователями. Поэтому заключение о том, что именно реки дают подавляющее количество наносов в озера, не является бесспорным. Дельты рек - это области интенсивной аккумуляции наносов. По данным многих авторов /Конкин и др., 1972; Морозов и др., 1974; Хайдаров, 1975; Артемьев, 1981; Демина, 1982; Гордеев, 1983; Лисицын, 1988/ в дельтах осаждается до 50-95% речных наносов. Проводимые автором исследования динамики наносов в р.Селенге, ее дельте и на устьевом взморье в 1987-1998 гг. показали, что в дельте осаждается в среднем - 59 %, а выносится в Байкал - 41% из поступающих в дельту наносов. Так, р.Селенга поставляет в дельту 2079 тыс.т взвешенных наносов, выносит из нее 852 тыс.т. Учитывая отложение наносов и в дельте р.Верхняя Ангара, мы получили количество выносимого реками в озеро взвешенного материала равное 1573 тыс.т. Сток взвешенных наносов в Байкал уменьшился на 45% по сравнению со стоком, измеренным в додельтовых створах (2844 тыс.т). Приняв сток влекомых наносов равный 10% от стока взвешенных, получили суммарный сток наносов (взвешенных и влекомых) в прибрежную зону озера - 1730 тыс.т.

Дельта р.Селенги находится на границе Южной и Средней котловин озера. В настоящее время нет единого мнения о том, какая часть стока наносов реки поступает в ту и другую котловину. Проведенные автором исследования показали, что в Средний Байкал поступает около 70%, в Южный - 30% наносов Селенги.

Таким образом, сток взвешенных наносов, поступающих из притоков в прибрежную зону Байкала с учетом отлагающихся в дельтах, составляет 1573 тыс.т, из которых в Южную котловину поступает 24%, в Среднюю - 52,3%, Северная котловина принимает 23,7%. Реки восточного побережья поставляют в озеро 1547 тыс.т взвешенных наносов, реки западного побережья всего 26 тыс.т. Объем влекомых наносов поступающих в озеро с восточного берега составляет 154 тыс.т, а с запад-

ного - 3 тыс.т в год. Отчетливо проявляется асимметрия в поставке речных наносов в озеро.

Ведущими минералами взвешенных наносов и донных отложений рек и их устьевых взморий являются кварц, полевые шпаты, роговая обманка, группа эпидотов, магнетит, ильменит, гранат. Гранулометрический состав взвешенных наносов притоков озера и донных отложений на устьевых взморьях представлен в основном псаммито-алеврито-пелитовыми размерностями. Алеврито-пелитовые фракции составляют большую часть в составе взвешенных наносов. Притоки могут выносить в озеро гравийные наносы лишь во время наивысших паводков, но осаждаются они на первых сотнях метров устьевого взморья. Наши исследования показали, что крупность взвешенных наносов и донных отложений в реках с приближением к устьям уменьшается, а на взморьях уменьшение крупности происходит с удалением от берега.

Поступление золотого материала в Байкал зависит главным образом от ветра, его силы, направления. Над озером в течение года преобладают (70-78%) северные, северо-западные и западные результирующие ветровые потоки /Кротова, 1966/. С преобладающим северо-западным переносом связаны максимумы скорости, устойчивости и продолжительности ветров. В целом, в озеро поступает около 180 тыс.т золотого материала в год /Потемкин, Ходжер, 1987/. В Северную, Среднюю и Южную котловины Байкала поступает соответственно 22, 15 и 63% золотых наносов. Обращает на себя внимание большая запыленность атмосферы над Южным Байкалом, причиной которой служат в основном промышленные и бытовые атмосферные выбросы промышленных центров Прибайкалья. Западному побережью Байкала принадлежит ведущая роль в поставке золотого материала.

Абразия - один из основных поставщиков осадочного материала в озеро. Когда рассматривают этот процесс, обычно оперируют материалами по динамике берегов. Однако, как показали исследования /Пинегин, Рогозин и др., 1976; Шуйский, 1979; Ганичева, 1985/, абразия дна береговой зоны может быть важным источником осадочного материала. На развитие берегов оказывают влияния атмосферные явления: колебания температуры воздуха, количество атмосферных осадков, влажность, деятельность наземной растительности и др. Подводные же отмели развиваются под влиянием колебаний температуры прибрежных вод, деятельности зоо- и фитобентоса и т.д. Разнонаправленность развития и участие разных факторов при выработке берегов и отмелей представляют принципиальную особенность подводных отмелей как источника обломочного материала.

Если известно количество поступлений от абразиц берегов, но неизвестно количество поступлений с подводных отмелей, последнее можно оценить по их соотношениям, которые определены посредством инструментальных исследований

/Шуйский, 1986/. Отношение количества осадков от абразии берегов к количеству осадков, сносимых с крутых подводных отмелей и сложенных глинистыми породами изменяется от 1:1 до 1:3, а с отмелей прибрежий - от 5:1 до 1:1. Если отмели сложены слабоабрадируемыми породами, то отношения составляют 2:1, редко 1:1. Зная эти отношения, можно ориентировочно определить продуктивность абразии дна прибрежной зоны, если применить другие методы не представляется возможным. Более точными и достоверными являются прямые инструментальные измерения.

Учитывая то, что на Байкале 75% длины западного побережья и 25% длины восточного побережья /Агафонов, 1990/ составляют склоны, сложенные коренными породами, значительную часть прибрежной зоны (около 60%) /Фиалков, 1983/ представляют пологие и аккумулятивные подводные отмели, а также принимая во внимание некоторые натурные измерения /Пинегин, 1976/, мы приняли рассматриваемое соотношение для всего Байкала как 2:1. Используя данное соотношение и среднегодовую величину абразии берегов Байкала равную 1354 тыс.т /Агафонов, 1990/, мы получили среднегодовой объем абразии дна прибрежной зоны равный 677 тыс.т, а объем общей абразии (дна и берегов) составил 2031 тыс.т в год. Количество продуктов общей абразии, поступающее в озеро с восточного побережья, составляет 60%, а с западного - 40%, в Северную, Среднюю и Южную котловины поступает соответственно 32, 17, 51% абразионного материала. Рассчитанные нами скорости донной абразии изменяются от 0,001 до 0,018 м/год, и они на 1-3 порядка меньше скоростей абразии берегов.

Конечно, полученное соотношение является весьма приближенным и требует уточнений путем проведения полевых исследований. Но мы хотели показать, что донная абразия имеет место в прибрежной зоне оз.Байкал. Несомненно, она является важным источником осадочного материала и необходимо учитывать ее вклад при балансовых подсчетах осадочного вещества в прибрежной зоне.

Величина растворенного химического вещества, поставляемого в озеро преимущественно реками, составляет 7929 тыс.т в год /Вотинцев и др., 1965/. Часть соединений растворенного химического стока, в основном соединения железа и кремний, участвуют в подводном осадкообразовании. Железо большей частью подвергается коагуляции и осадению в форме гидроокиси - это 28,9 тыс.т в год, кремний потребляется диатомовыми водорослями и захороняется на дне - 495 тыс.т /Вотинцев и др., 1965/. Следовательно, из растворенного химического вещества в образовании подводных осадков участвует 524 тыс.т. Мы подсчитали, что в Северную котловину из притоков поступает 16% растворенного вещества, в Среднюю - 61%, а в Южную - 23%. Основная часть растворов - 96,6% поставляет в озеро восточное побережье, 3,4% - западное.

Определенную роль в поставке осадочного материала в озеро играют сели, имеющие локальный и эпизодический характер. Однако из-за отсутствия надежных измерений весьма проблематично определить значение этого источника материала для прибрежной зоны и озера в целом. Значения таких процессов как крип, осыпи, обвалы, плоскостная эрозия в поставке осадочного материала в озеро минимальны /Агафонов, 1990/, поэтому эти источники не рассматривались.

Таким образом, объем поступающего в озеро осадочного материала от рассматриваемых нами источников, составляет 4465 тыс.т в год. Поступление осадочного материала в озеро и в каждую его котловину изображено на рис. 1 и 2. Южная котловина стоит на первом месте по количеству принимаемого ею материала от рассматриваемых источников (1698 тыс.т), на втором - Средняя котловина (1589 тыс.т), Северная - на третьем (1178 тыс.т). Без учета золотого источника восточное побережье поставляет в озеро 81%, а западное -19% осадочного материала.

В третьей главе рассматриваются процессы распространения осадочного материала в оз.Байкал. Описывается рельеф дна озера, приводятся морфометрические характеристики прибрежной зоны и предлагается ее динамическое районирование. Рассматривается распределение и перемещение влекомой и взвешенной составляющих осадочного материала в прибрежной зоне и поступление материала в глубоководные районы озера.

Рельеф дна озера отличается асимметричностью. С восточной стороны прибрежная зона и подводный склон имеют значительно большую ширину и меньшие уклоны поверхности, чем с западной стороны /Лут, 1964, 1978; Фиалков, 1983; Рогозин, 1992/.

В прибрежной зоне нами выделено три динамические области. Область трансформации волн расположена между глубинами 15 и 3 м. Далее в сторону берега до глубины 1,3 м простирается область разрушения волн. От этой глубины до линии наибольшего заплеска (для Байкала - около 10 м) или до подножия абразионного уступа простирается область прибойного потока.

Поперечное перемещение наносов в зоне трансформации волн осуществляется под действием течений, волнения и гравитационного смещения. В зоне обрушения волн материал разделяется на взвешенные и влекомые наносы. Крупные фракции остаются в прибрежной полосе дна, песчаные, алевритовые и пелитовые фракции распределяются на остальной площади дна подводной отмели, глинистые фракции циркуляционными течениями распределяются по акватории озера. В зоне прибойного потока поперечное перемещение наносов (валуны, галька, гравий) обусловлено подходом волн к берегу под прямым углом. Если же волны подходят под острым

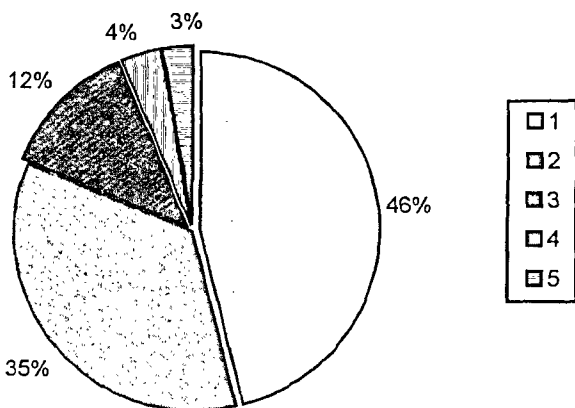


Рис. 1. Соотношение источников питания оз. Байкал осадочным материалом.

1 – абразия берегов и дна, 2 – сток взвешенных наносов,
 3 – растворенный химический сток, 4 – золотые процессы,
 5 – сток влекомых наносов.

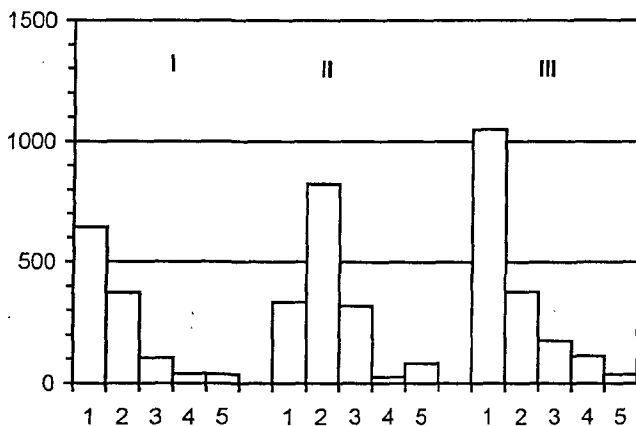


Рис. 2. Оценка поступления осадочного материала (тыс.т/год) для котловин озера (Северной – I, Средней – II, Южной – III). 1 – общая абразия, 2 – сток взвешенных наносов, 3 – растворенный химический сток, 4 – золотые процессы, 5 – сток влекомых наносов.

углом, то наносы участвуют уже во вдольбереговом переносе. Вдольбереговому перемещению наносов препятствует извилистость береговой линии (бухты, заливы, мысы), особенности подводного рельефа (каньоны, долины и др.), а также технические сооружения (например, пирысы). Крупнообломочные фракции перемещаются в береговом потоке до глубин 2,5-3 м, а песчаные - преимущественно в донном потоке глубже указанных отметок дна. Перемещение подводных кос, валов в прибрежной зоне озера происходит значительно медленнее (3-12 м/год), чем перемещение частиц (25-30 м/час) /Рогозин, 1974, 1993; Пинегин, Рогозин и др., 1976/.

Влекомые наносы рек концентрируются в основном на устьевых взморьях, причем гравелистые размерности распространяются на расстояние от 100 до нескольких сотен метров, а далее распространяются более мелкие наносы. Взвешенный материал рек представляют псаммито-алеврито-пелитовые размерности, доля алеврито-пелитового материала в устьях достигает 70-90%. Наиболее мелкие взвешенные фракции посредством циркуляционных течений перемещаются по акватории озера. В целом, содержание взвешенного вещества в водах побережья больше, чем в водах открытого Байкала и может достигать значений на порядок выше. Содержание взвеси в водах глубоководной зоны озера, по нашим измерениям, варьировало от 0,05 до 2,05 г/м³, в прибрежной зоне - от 0,38 до 39,20 г/м³. В периоды штормов в результате взмучивания донных осадков содержание взвешенного вещества в водах побережья может увеличиваться в 2-5 раз.

Поступление в глубоководные районы озера крупнозернистого осадочного материала из побережья осуществляется, главным образом, посредством гравитационных процессов на внешнем крае береговой зоны, по подводным каньонам. Мелкие фракции течениями разносятся по акватории озера и путем медленного осаждения уходят на дно. Одним из механизмов быстрого проникновения взвеси из побережья в глубинную зону озера является механизм термобара, возникающий на Байкале весной и осенью /Likhoshway, Potyomkina et al., 1995/, когда на границе смешения холодных озерных и теплых прибрежных вод образуется уплотнение - фронт термобара (до глубин 250 м) /Шимараев и др., 1993, 1995/. Насыщенные взвесью воды побережья опускаются вдоль фронта и под его нижней границей в виде теплых интрузий поступают в глубинные районы.

Взвесь водной толщи глубоководного Байкала не претерпевает существенных изменений по вертикали и представлена в основном частицами с диаметром менее 0,001 мм. На дне глубоководного Байкала в составе осадков преобладают пелитовые фракции. Это прямо указывает на то, что через береговую зону "прорываются" самые мелкие фракции исходного осадочного материала. Эоловые процессы, ледовый вынос, снос материала по каньонам приводят к укрупнению донных осадков.

Главный фактор, обеспечивающий распределение и перемещение осадочного материала в прибрежной зоне и из нее, - динамика вод.

В четвертой главе количественно оценивается вынос исходного осадочного материала из прибрежной зоны в глубоководные области озера. Рассчитывается баланс осадочного материала в прибрежной зоне. Оценивается интенсивность накопления осадочного материала от рассматриваемых источников в оз. Байкал.

Наиболее продуктивным среди источников осадочного материала является абразионный, поставляющий в прибрежную зону Байкала ежегодно 2031 тыс.т. Это согласуется со значительным энергетическим потенциалом береговой зоны, отражает большие запасы механической энергии гидрогенных факторов. Волнениями, течениями, по подводным каньонам часть материала абразионного происхождения выносится на глубину, а в прибрежной зоне озера отлагается около 30%. Абразионный материал в береговой зоне подвергается дроблению, обкалыванию, истиранию, что приводит к потере массы наносов, поскольку всегда сопровождается образованием взвешенных фракций, способных уходить в глубоководные районы. В целом, потери наносов на истирание невелики и составляют для Байкала около 1% от общего количества абразионного материала.

Речные наносы - другой важный источник поставки осадочного материала в оз. Байкал. Наши исследования показали, что количество речных наносов, уходящих в глубоководный Байкал, составляет около 20% от общего стока наносов притоков озера. Часть твердого стока перехватывается дельтами, в прибрежную зону озера поступает 1730 тыс.т взвешенных и влекомых наносов, из которых 1125 тыс. т остается в этой зоне, а 605 тыс.т уходит на глубину. Притоки некоторых внутренних и окраинных морей, например, питают глубоководные осадки 15-20% своих наносов /Шуйский, 1986/.

Масса поставляемого в береговую зону озера осадочного материала абразионным и речным источниками (84%) является основной и определяет годовую норму поступления терригенного материала.

В береговой зоне озера ежегодно осаждается около 31 тыс.т соединений растворенного химического стока (кремний, железо), 493 тыс.т выносится в глубоководный Байкал.

Из 180 тыс.т золых наносов, поступающих в озеро, в прибрежной зоне выпадает в среднем около 10%, остальной материал поступает в глубоководные области (162 тыс.т).

По подводным каньонам происходит вынос осадочного вещества из прибрежной зоны. На Байкале действует более 100 каньонов. Остается неизученным вопрос о количестве перехватываемого ими материала. Существует предположение, что каньон вблизи устья р.Тыи перехватывает почти весь сток наносов реки и около

80% вдольберегового потока наносов /Литодинамика..., 1984/. Многочисленные вершины каньона у устья р.Верхней Ангары перехватывают основную массу поступающих на взморье наносов реки /Галкин, Власова, 1981/. По современным оценкам, в подводные каньоны Мирового океана уходит не менее 15% от глобального твердого стока рек /Сафьянов, 1978; Шуйский, 1986; Лисицын, 1988/. Применяя для Байкала величину выноса материала по каньонам равную 15% от твердого стока притоков озера, получим 469 тыс.т.

Итак, из 4465 тыс.т осадочного материала, поступающего ежегодно в Байкал, задерживается в береговой зоне, составляющей всего 6% от площади зеркала озера, около 1294 тыс.т наносов (29%), а выносится в глубоководные районы 3171 тыс.т. Современные литодинамические процессы в прибрежной зоне озера Байкал направлены на вынос осадочного материала за ее пределы. На 1 пог.м длины береговой линии Байкала приходится всего 0,31 м³ отлагающегося за год в прибрежной зоне осадочного материала. Это в условиях высокого энергетического потенциала береговой зоны является основной причиной развития абразионных форм рельефа. На Байкале абразионные берега составляют 85% от их длины, и лишь 15% приходится на аккумулятивные и укрепленные берега.

По нашим данным, накопление наносов в дельте Селенги составляет в среднем 1,9 мм в год. Современные скорости осадконакопления в районе дельты Селенги, определенные методом Cs¹³⁷ и Pb²¹⁰, составляют 1,0-1,2 мм/год /Edgington et al., 1991/. В глубоководной зоне Байкала осадочный материал от рассматриваемых нами источников осаждается со скоростью в среднем по 0,053 мм в год. В глубоководных районах Северной, Средней и Южной котловин озера вынесенные за пределы прибрежья наносы откладываются со скоростью 0,031, 0,058 и 0,087 мм в год соответственно.

Анализ скоростей седиментации осадочного материала в глубоководном Байкале показал, что определенные разными методами и авторами величины скоростей осадконакопления значительно отличаются друг от друга (от 0,01 до 95 мм/год). Расхождения могут быть связаны с особенностями методов, с наличием турбидитов, с постседиментационным уплотнением осадков, с отсутствием подробной батиметрии при отборе кернов. Но несмотря на то, что скорости накопления осадков в оз.Байкал отличаются, тем не менее прослеживается тенденция уменьшения интенсивности осадконакопления с юга на север. Таким образом, осаждение наносов в прибрежной и глубоководной зонах озера неравнозначно. Это необходимо учитывать при интерпретации современных литодинамических процессов Байкала.

В заключении обобщены основные результаты работы. Изложенные в данной работе общие принципы литодинамического функционирования прибрежной зоны оз.Байкал по результатам балансовых исследований обоснованы количественными

показателями. Такая работа выполнена впервые в соответствии с современным уровнем теории учения о берегах, современным состоянием фактического материала и методик исследований.

1. В бассейне Байкала существуют благоприятные условия для образования осадочного материала и мобилизации его в водосм. Для озера велика роль суши в его питании.

2. Основным поставщиком осадочного материала являются процессы абразии. Масса поставляемого в береговую зону озера осадочного материала абразионным и речным источниками является основной и определяет годовую норму поступления терригенного материала. Остальные источники являются либо локальными, либо маломощными.

3. Устьевые области (дельтовые и авандельтовые участки) крупных рек озера являются мощными ловушками речных наносов. Лишь 20% от твердого стока притоков озера поступает в глубоководные районы.

4. Рельеф дна озера отчетливо асимметричен. Мелководье с западного берега значительно менее развито, чем с восточной стороны. Асимметрична и поставка осадочного вещества. Восточное побережье поставляет в береговую зону Байкала в 4 раза больше материала, чем западное.

5. В прибрежной зоне озера существует три динамические области, каждая из которых имеет особенности в гидродинамических процессах, которые обуславливают особенности литодинамики в этих областях.

6. Процессы прибрежно-озерной дифференциации меняют состав осадочного материала и это приводит к распределению его в разных частях прибрежного дна и глубоководных районах озера. Более грубый материал задерживается в прибрежье, а мелкий выносится на большие глубины.

7. В прибрежной зоне остается в 3 раза меньше наносов, чем поступает в озеро от рассматриваемых источников. Составляя 6% от площади зеркала озера, прибрежная зона задерживает и перерабатывает в своих границах до 29% исходного осадочного материала.

8. На 1 пог. м длины береговой линии озера приходится всего $0,31 \text{ м}^3$ отлагающегося за год в прибрежной зоне осадочного материала. Это в условиях высокого энергетического потенциала береговой зоны является основной причиной развития здесь интенсивных абразионных процессов.

9. Прибрежная зона озера - это природный литодинамический конвейер между сушей и глубоководным Байкалом. Проходя этот конвейер, осадочный материал перерабатывается и питает глубоководные осадки водоема.

Список основных публикаций по теме диссертации.

1. Потёмкина Т.Г. Вдольбереговое распространение наносов, поступающих с водами рек в Байкал // Круговорот вещества и энергии в водоемах: Тез. докл. VI Всесоюз. лимнологич. совещ. - Иркутск, 1985. С.72-73.
2. Потёмкина Т.Г. Оценка внутригодовой изменчивости мутности р.Селенги // Динамика и термика рек, водохранилищ и окраинных морей: Тез. докл. III Междунар. конф. - Москва, 1989. С.120-121.
3. Потёмкина Т.Г. Оценка баланса наносов в дельте р.Селенги // Природные условия и ресурсы некоторых районов Центральной Азии: Тез. докл. VIII Междунар. конф. - Иркутск, 1992. С.49-51.
4. Потёмкина Т.Г., Фиалков В.А. Баланс наносов в дельте Селенги и их распространение в Байкале // Водные ресурсы. - 1993. - 20, №6. - С.689-692.
5. Потёмкина Т.Г. Трансформация стока наносов по длине р.Селенги и вынос их в Байкал в условиях различной водности // Динамика и термика рек, водохранилищ и окраинных морей: Тез. докл. IV Междунар. конф. - Москва, 1994. С.302-303.
6. Потёмкина Т.Г. Распределение стока воды и наносов в протоках дельты реки Селенги // География и природ. ресурсы. - 1995. - N1. - С.75-78.
7. Сороковикова Л.М., Синюкович В.Н., Дрюккер В.В., Потёмкина Т.Г. и др. Экологические особенности реки Селенги в условиях наводнения // География и природ. ресурсы. - 1995. - N4. - С.64-71.
8. Потёмкина Т.Г. Геоморфология и динамика дельты р.Селенги // Гидрология и геоморфология речных систем: Тез. докл. - Иркутск, 1997. С.163-164.
9. Дрюккер В.В., Сороковикова Л.М., Синюкович В.Н., Потёмкина Т.Г. Качество воды реки Баргузин в современных условиях // География и природ. ресурсы. - 1997. - N4. - С.72-78.
10. Потёмкина Т.Г., Фиалков В.А. Распределение наносов в водотоках дельты реки Селенги, их вынос и распространение в озере Байкал // География и природ. ресурсы. - 1998. - N2. - С.70-74.
11. Потёмкина Т.Г. Особенности флювиального рельефообразования в дельте Селенги // География и природ. ресурсы. - 1998. - N3. - С.50-53.
12. Потёмкина Т.Г. Особенности формирования взвешенного вещества оз.Байкал // Водные ресурсы Байкальского региона: проблемы формирования и использования на рубеже тысячелетий: Тез. докл. - Иркутск, 1998. С.190-191.
13. Потёмкина Т.Г. Особенности распределения взвешенного материала и его химического состава в оз. Байкал // География и природ. ресурсы. - 1999. - N3. - С.56-59.