

СЕДИМЕНТОЛОГИЯ

УДК 551.3.051 (282.256.341)

ТИПИЗАЦИЯ ГОЛОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И РАЙОНИРОВАНИЕ
БАССЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ

Е.Г. Вологина, М. Штурм*

Институт земной коры СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия

** Швейцарский федеральный институт науки и технологии окружающей среды,*

CH-8600, г. Дюбендорф, п/я 611, Швейцария

Представлены данные изучения современных осадков и их пространственного распределения в оз. Байкал.

Выделено пять типов участков с характерными условиями осадконакопления: 1) глубоководные равнины с пелагическими илами и турбидитами; 2) литоральные зоны, где турбидитов нет; 3) подводные поднятия (перемычки и хребты) с гемипелагическими илами, образованными в спокойных условиях седиментации; 4) аванделты и участки дна вблизи устьев больших рек, где отложения состоят главным образом из терригенного материала; 5) мелководное Малое Море, для которого характерна низкая степень сортировки терригенного материала и значительная роль песков.

Скорость современного осадконакопления значительно различается по районам Байкала. Наиболее высокие темпы седиментации характерны для районов вблизи устьев больших рек, менее высокие — для глубоководных котловин озера, минимальные — для подводных поднятий.

Впервые приведена карта распределения голоценовых осадков в оз. Байкал. Полученные результаты свидетельствуют о том, что морфология дна озера определяет характер отложений.

Донные отложения, осадконакопление, пелагические илы, турбидиты, оз. Байкал.

TYPES OF HOLOCENE DEPOSITS AND REGIONAL PATTERN
OF SEDIMENTATION IN LAKE BAIKAL

E.G. Vologina and M. Sturm

Results of research into recent sediments and their distribution in Lake Baikal are presented. Five areas with different mechanisms of sedimentation have been recognized: (1) deep-water plains with pelagic mud and turbidites; (2) littoral zones without turbidites; (3) underwater ridges (rises) with hemipelagic mud accumulated under calm sedimentation conditions; (4) delta (fan) areas near the mouths of large rivers, where sediments consist mainly of terrigenous material; and (5) shallow Maloe More with poorly sorted terrigenous material and abundant sand. The rate of sedimentation differs considerably in different Baikal areas. The highest rates appear near the mouths of large rivers, lower ones occur in the deep lake basins, and the minimum rates are developed on underwater ridges. A map of the distribution of Holocene sediments in Baikal has been compiled for the first time. The obtained results show that the bottom morphology significantly determines the type of sediments in the lake.

Bottom sediments, sedimentation, pelagic mud, turbidites, Lake Baikal

ВВЕДЕНИЕ

Впадина Байкала расположена в центральной части Байкальской рифтовой зоны (БРЗ), которая начала формироваться около 70 млн лет назад в позднем мелу [Мац и др., 2001]. Начальные стадии возникновения БРЗ сопровождалась образованием мелководных и глубоководных озер с терригенно-хемогенным и терригенным осадконакоплением [Мац и др., 2001]. Озеро Байкал образовалось около 25 млн л. н. [Атлас..., 1993]. Оно окаймлено системой активных разломов, ориентированных преимущественно в юго-западном и северо-восточном направлениях и определяющих высокую сейсмичность района. Ежегодно фиксируются до 2000 землетрясений, а борта рифта озера Байкал расходятся со скоростью до 2 см в год [Атлас..., 1993]. Морфологически Байкальская впадина включает три глубоководные котловины (Южная, Средняя и Северная) и мелководный пролив (Малое Море). Котловины отделены

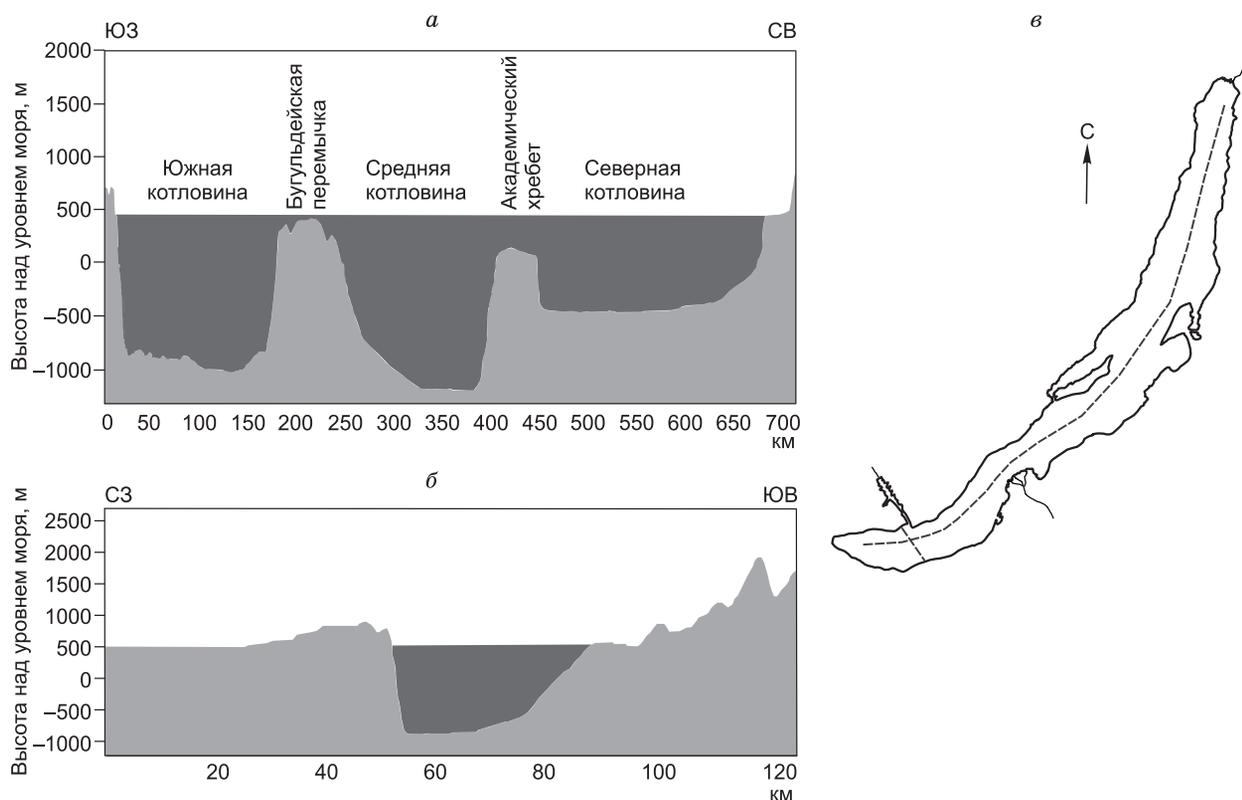


Рис. 1. а — оз. Байкал, продольный профиль; б — Южная котловина Байкала, поперечный профиль [de Batist et al., 2002]; в — схема расположения профилей.

друг от друга подводными поднятиями (Бугульдейская перемычка и Академический хребет, рис. 1, а). Самая глубокая Средняя котловина (1637 м), менее глубокие — Южная (1423 м) и Северная (890 м) [Атлас..., 1993]. Котловины имеют асимметричное строение. Северные и северо-западные склоны в Южной котловине и северо-западные склоны в Средней и Северной котловинах узкие и крутые, а южные и юго-восточные — более пологие (см. рис. 1, б).

Исследования последних десятилетий показали, что в донных отложениях оз. Байкал отражены изменения климата прошлых эпох. Начиная с 1989 г., на Байкале пробурено 5 скважин [Кузьмин и др., 2001]. Глубоководное бурение позволило исследовать разрезы байкальских осадков по стратиграфической вертикали (миоцен—голоцен) до глубины 600 м (скв. ВDP-98 [Кузьмин и др., 2001]). Однако при бурении происходит потеря самого верхнего отрезка керна. Отбор отложений длинными трубками (керны до 11 м) [Голдырев, 1982] также приводил к нарушению верхней части осадочной толщи из-за технических недостатков использованного оборудования. В связи с этим данные изучения голоценовых осадков озера требуют детализации и дополнения.

За последние годы в оз. Байкал в различных по морфологии районах авторами отобрано и всесторонне изучено более 200 ненарушенных колонок донных осадков длиной до 1.5 м. Исследования проводились в рамках международных и российских проектов [Sturm et al., 1998; Вологина и др., 2003, 2007а,б]. В статье обобщены данные опубликованных материалов, рассмотрены вопросы пространственного распределения современных отложений в оз. Байкал.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор кернов осуществлялся грунтовыми трубками EAWAG-63/S и UWITEC-CORER с борта научно-исследовательского судна «Верещагин» и зимой со льда. Преимуществом названных выше прободборников является получение кернов ненарушенных осадков. После отбора колонки были разрезаны, сфотографированы, выполнено их литологическое описание, сопровождаемое просмотром сфер-слайдов. Проведены комплексные исследования отложений: измерена магнитная восприимчивость и влажность, определены концентрации биогенного кремнезема ($\text{SiO}_{2\text{биог.}}$), общего органического углерода ($\text{C}_{\text{орг.}}$) и азота ($\text{N}_{\text{орг.}}$); диатомовый, гранулометрический, минералогический анализы, а также элементный анализ методом РФА СИ. Выполнено датирование осадков. Более подробно использованные методы и результаты анализов освещены в [Вологина и др., 2003, 2007а,б].

Исследовались главным образом голоценовые отложения, лишь с подводных возвышенностей были подняты позднеплейстоценовые глины. Определение возраста осадков проводилось с использованием ^{210}Pb и диатомового анализов. Учитывались также литологические особенности отложений. На подводных возвышенностях граница между голоценовыми и позднеплейстоценовыми отложениями соответствует границе между поверхностными илами и подстилающими их глинами [Безрукова и др., 1991; Грачев и др., 1997; Кузьмин и др., 2001; Хурсевич и др., 2001; Вологина и др., 2007а; и др.].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании собственного изучения состава и распределения голоценовых осадков и опубликованных литературных данных [Голдырев, 1975] в оз. Байкал установлено пять типов участков, отличающихся условиями осадконакопления (рис. 2): 1) глубоководные равнины; 2) литоральные зоны; 3) подводные поднятия (перемычки и хребты); 4) аванделты и участки дна вблизи устьев больших рек; 5) пролив Малое Море.

Глубоководные равнины. В большинстве кернов, отобранных в пределах плоских глубоководных частей дна котловин озера, были вскрыты турбидиты, переслаивающиеся с пелагическими илами (см. рис. 2, 3). Значительная доля турбидитов отмечена также в осадках, вскрытых скв. BDP-97, пробуренной в Южном Байкале в рамках международной программы «Байкал-бурение» [Kuzmin et al., 2000; Кузьмин и др., 2001]. Чередование пелагических илов и турбидитов в разрезах свидетельствует о том, что спокойные условия осадконакопления периодически прерывались турбидитовой седиментацией, которая могла быть спровоцирована береговыми оползнями, сползанием материала по подводным склонам внутри озера, селями на водосборе. Одним из факторов, способствующих образованию турбидитов в оз. Байкал, является сейсмичность района [Голдырев и др., 1979]. Турбидиты обладают рядом специфических признаков, отличающих их от пелагических осадков [Вологина и др., 2003, 2007а]: градационной слоистостью, более крупнозернистым гранулометрическим составом, повышенным содержанием минералов тяжелой фракции, темной окраской, высокими значениями магнитной восприимчивости, пониженной концентрацией планктонных диатомей и повышенной долей бентосных форм и древних видов.

Установлено, что суммарная мощность пелагических илов в большинстве колонок превышает суммарную мощность турбидитов. Учитывая это, а также то, что скорость образования турбидитов значительно превышает скорость накопления илов, можно говорить о преобладании спокойных условий осадконакопления во время образования этих отложений [Sturm, Vologina, 2001]. В таблице приведены скорости современного осадконакопления, суммарное количество терригенного материала, поступающего с реками, за счет абразии берегов озера и ветрового переноса [Потемкина, 2000], а также продукция диатомовых водорослей [Домышева и др., 1998] в разных котловинах Байкала. Наиболее высокие темпы седиментации характерны для Южного Байкала (1 мм/год), минимальные — для Северного Байкала (0.705 мм/год) (см. таблицу, рис. 2). Различия скоростей седиментации в разных котловинах обусловлены как разной биологической продуктивностью, так и разным количеством терригенного материала, поступающего в озеро (см. таблицу).

Литоральные зоны. Отложения, вскрытые грунтовыми трубками в пределах плоских участков дна, примыкающих к восточному берегу в Северной котловине и вдоль южного берега Южной котловины, не содержат турбидитов (см. рис. 2). Осадки в этих зонах представлены биогенно-терригенными илами спокойной обстановки седиментации. Скорость современного осадконакопления в районе литоральной зоны вдоль восточного берега Северного Байкала составляет 0.61 мм/год [Bangs et al., 2000], вдоль южного берега Южного Байкала — 0.75 мм/год (см. рис. 2).

Подводные перемычки и хребты. Ярким примером района со спокойными условиями осадконакопления является подводный Академический хребет (см. рис. 1, а, 2). Донные отложения, вскрытые грунтовыми трубками, представлены голоценовыми илами и подстилающими их позднеплейстоценовыми глинами (см. рис. 2, 3). Илы состоят из автохтонного биогенного (створки диатомей, реже спикулы губок) и аллохтонного терригенного материала, не содержат турбидитов. Лишь осаждение перенесенного льдом и ветром материала приводит к формированию единичных линз и рассредоточенных зерен алевритовой и, реже, песчаной размерности. Позднеплейстоценовые глины образованы преимущественно тонкодисперсным терригенным материалом с песчано-алевритовой примесью и представляют собой вязкие плас-

Средняя скорость современного осадконакопления (v), продукция диатомовых водорослей [Домышева и др., 1998], суммарное количество терригенного материала, поступающего с водами притоков, за счет абразии берегов и ветрового переноса [Потемкина, 2000]

Район	v , мм/год	Продукция диатомовых водорослей, г Si/m ²	Количество терригенного материала, тыс. т/год
Южный Байкал	1.000	58.4	1526
Средний Байкал	0.910	53.1	1195
Северный Байкал	0.705	36.3	1062

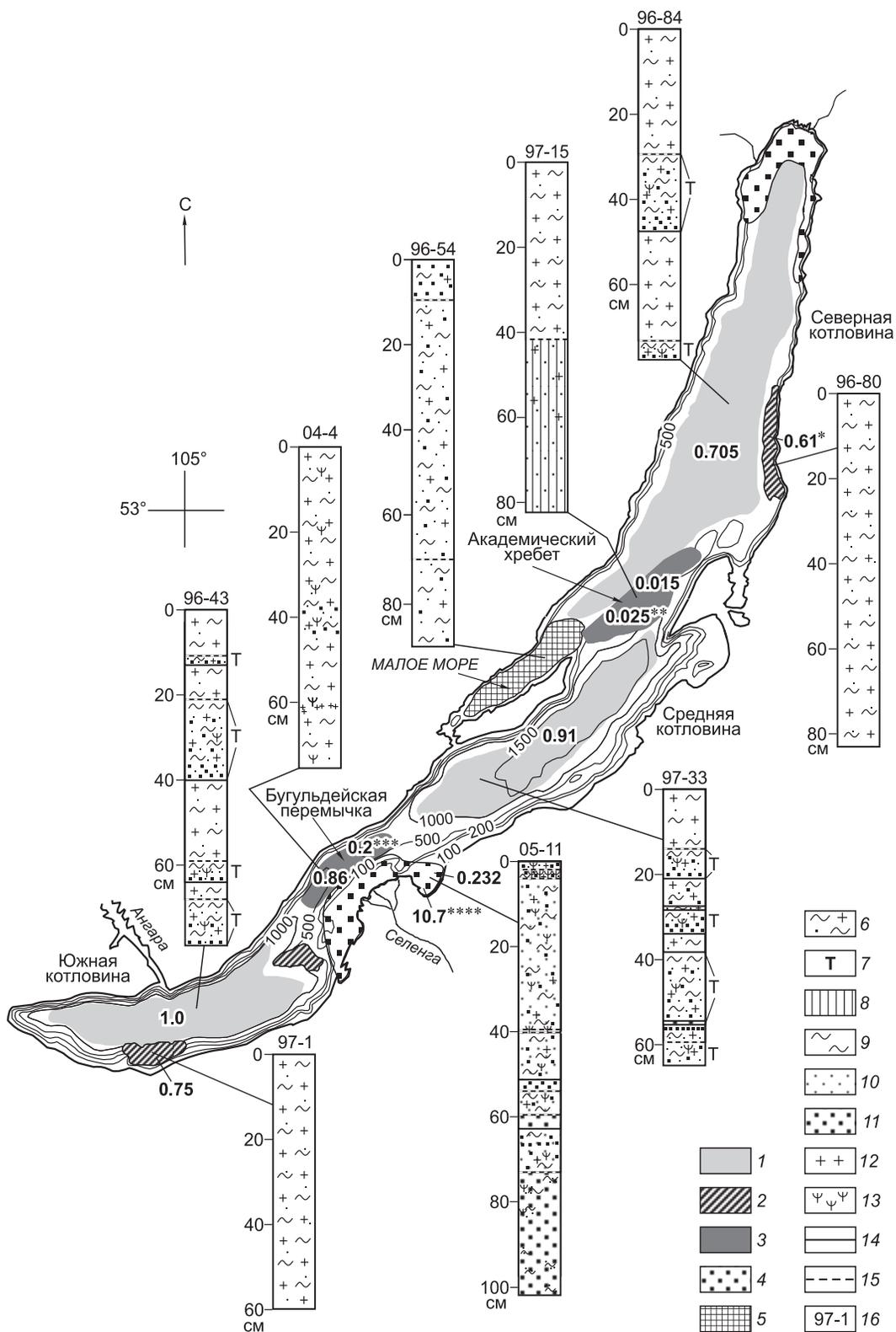


Рис. 2. Карта распределения голоценовых осадков и типовые разрезы отложений из различных морфологически выраженных участков оз. Байкал.

К карте: 1 — глубоководные равнины, 2 — литоральные зоны, 3 — подводные поднятия (перемычки и хребты), 4 — авандельты и участки дна вблизи устьев больших рек, 5 — пролив Малое море. Цифрами отмечена скорость современного осадконакопления (мм/год) [*Bangs et al., 2000; **Колман и др., 1993; ***Кузьмин и др., 2001; ****Тулохонов и др., 2006].

К литологическим колонкам: 6, 7 — голоценовые отложения (6 — пелагический ил, 7 — турбидит), 8 — позднплейстоценовая глина; 9—11 — типы осадков (фракции): 9 — пелит, 10 — алевроит, 11 — песок; 12 — диатомеи, 13 — наземные растительные остатки; 14, 15 — границы между слоями (14 — четкие, 15 — нечеткие), 16 — номера колонок.

Рис. 3. Литологические колонки и фотографии кернов, отобранных на подводном Академическом хребте (кern 96-64) и в Южной котловине Байкала (керна 97-7, 97-8).

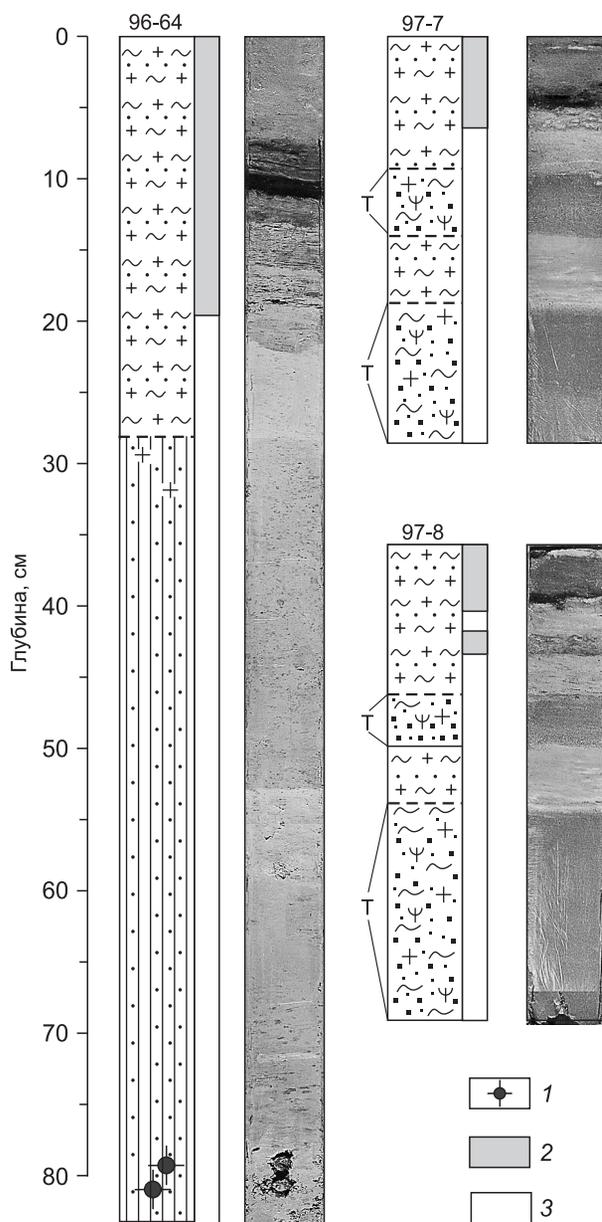
Литологическая характеристика отложений (левый столбец): 1 — Fe-Mn конкреции; остальные усл. обозн. см. рис. 2. Правый столбец: 2 — окисленный осадок, 3 — восстановленный осадок.

тичные породы оливково-серого цвета. В поверхностных биогенно-терригенных илах наблюдается голоценовый комплекс диатомей: *Aulacoseira baicalensis*, *A. skvortzowii*, *Cyclotella minuta*, *C. baicalensis*, *Synedra acus* var. *radians*, *Stephanodiscus meyerii*, *Crateriportula inconspicuus*, *Cyclostephanos dubius*. [Bradbury et al., 1994; Mackay et al., 1998; Грачев и др., 2002; Вологина и др., 2003]. В верхней части горизонта глин обнаружен позднеплейстоценовый вид *Stephanodiscus flabellatus* [Bradbury et al., 1994; Грачев и др., 2002]. Общее содержание диатомей в позднеплейстоценовых глинах минимальное, при переходе к голоценовым илам оно значительно возрастает, что связано с изменениями климата на рубеже плейстоцен—голоцен [Безрукова и др., 1991; Грачев и др., 1997; Хурсевич и др., 2001]. Мощность голоценовых отложений на Академическом хребте изменяется от 6 до 70 см. Исходя из того, что нижняя граница голоцена оценивается разными исследователями от 10.5 до 11.5 тыс. лет [Neustadt, 1982; Roberts, 1998; Petit et al., 1999], скорость накопления осадков на Академическом хребте в голоцене составляет 0.005—0.06 мм/год. Эти оценки согласуются с результатами непосредственно измеренной в этом районе методами ^{210}Pb и ^{14}C скорости осадконакопления, составляющей соответственно 0.015, по [Вологина и др., 2003] и 0.025 мм/год, по [Колман и др., 1993] (см. рис. 2).

Как и на Академическом хребте, в поверхностных илах, отобранных на Бугульдейской перемычке, турбидиты отсутствуют (согласно собственным данным и данным глубоководного бурения [Кузьмин и др., 2001]). Скорость осадконакопления здесь составляет 0.2 [Кузьмин и др., 2001] — 0.86 мм/год, что значительно превышает этот показатель на Академическом хребте (см. рис. 2). Повышенная скорость накопления осадков в этом районе связана с интенсивным поступлением терригенного материала с водами крупнейшего притока Байкала — р. Селенга.

Голоценовые и позднеплейстоценовые отложения, вскрытые на Академическом хребте, отличаются по ряду признаков: литологическому составу, магнитной восприимчивости, гранулометрическому, минеральному и химическому составам, видам и концентрации диатомей, что связано с различными климатическими обстановками их накопления. Высокая биопродуктивность в течение голоцена обусловила значительные концентрации $\text{SiO}_{2\text{биог.}}$, $\text{C}_{\text{орг.}}$ и $\text{N}_{\text{орг.}}$ в биогенно-терригенных илах. В подстилающих позднеплейстоценовых глинах содержание этих компонентов резко понижается. Голоценовые осадки характеризуются также пониженными значениями магнитной восприимчивости за счет высокого содержания биогенного немагнитного материала и незначительной примеси песка и алеврита. Увеличение доли смектита, гидрослюды и каолинита, а также повышение примеси песка и алеврита в позднеплейстоценовых глинах, вероятно, связано с наличием ледников в горном окружении озера в это время [Мац и др., 2001] и, как следствие, с повышенным привносом терригенного материала ледниковыми тальми водами в оз. Байкал.

Авандельты и участки дна вблизи устьев больших рек. Участки дна вблизи устьев больших рек были изучены на примере залива Провал. Здесь отложения представлены песками, алевритопелитовыми



и пелитоалевритовыми илами (см. рис. 2). Терригенный материал в осадках преобладает и состоит из обломков минералов и наземных растительных остатков (обломков древесины, веточек растений). Биогенная примесь представлена створками диатомей и спикулами губок. Основным источником осадочного материала является р. Селенга [Вологина и др., 2007б]. Скорость осадконакопления в разных местах зал. Провал резко отличается (от 2.32 мм/год [Вологина и др., 2007б] до 10.7 мм/год [Тулохонов и др., 2006]) и напрямую зависит от близости Селенги (см. рис. 2).

Малое Море. В отличие от глубоководных районов оз. Байкал осадки Малого Моря более грубозернистые. Основные типы донных отложений — пески и алевритопелитовые илы со значительной примесью песка и небольшим содержанием диатомей (см. рис. 2). Терригенный материал плохо отсортирован, что обусловлено, вероятно, размером и формой пролива, повышенной скоростью придонных течений, особенностями волновой деятельности [Патрикеева, 1959]. К северо-востоку, с увеличением глубины Малого Моря, песчаные осадки сменяются илами, обогащенными диатомеями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные, полученные при исследовании состава и распределения голоценовых осадков озера Байкал, позволяют сделать следующие выводы.

В Байкале выделяются пять типов участков с характерными условиями осадконакопления: 1) глубоководные равнины с пелагическими илами и турбидитами; 2) литоральные зоны, где турбидитов нет; 3) подводные поднятия (перемычки и хребты) с гемипелагическими илами, образованными в спокойных условиях седиментации; 4) авандельты и участки дна вблизи устьев больших рек, где отложения состоят главным образом из терригенного материала; 5) мелководное Малое Море, для которого характерна низкая степень сортировки терригенного материала и значительная роль песков.

Морфология дна озера в значительной степени определяет характер отложений.

Скорость современного осадконакопления по районам Байкала значительно различается. Наиболее высокие темпы седиментации характерны для районов вблизи устьев больших рек, менее высокие — для котловин озера, минимальные — для подводных возвышенностей.

Авторы признательны к.г.-м.н. Т.К. Ломоносовой за критическое обсуждение полученных материалов и полезные обсуждения, а также экипажу НИС «Верещагин» за помощь в отборе проб донных отложений.

Работа выполнена при поддержке Швейцарского федерального института науки и технологии окружающей среды (грант № 85145).

ЛИТЕРАТУРА

Атлас «Байкал». М., Федеральная служба геодезии и картографии России, 1993, 160 с.

Безрукова Е.В., Богданов Ю.А., Вильмс Д.Ф., Гранина Л.З., Грачев М.А., Игнатова Н.В., Карabanов Е.Б., Купцов В.М., Курылев А.В., Летунова П.П., Лихошвай Е.В., Черняева Г.П., Шимараева М.К., Якушин А.О. Глубокие изменения экосистемы Северного Байкала в голоцене // Докл. АН СССР, 1991, т. 321, № 5, с. 1032—1037.

Вологина Е.Г., Штурм М., Воробьева С.С., Гранина Л.З., Тошаков С.Ю. Особенности осадконакопления в озере Байкал в голоцене // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (5), с. 407—421.

Вологина Е.Г., Кашик С.А., Штурм М., Воробьева С.С., Ломоносова Т.К., Калашникова И.А., Храмова Т.И., Тошаков С.Ю. Результаты седиментологических исследований голоценовых отложений Южной и Средней котловин озера Байкал (на примере скважины VDP-97 и колонковых трубок) // Геология и геофизика, 2007а, т. 48 (4), с. 401—413.

Вологина Е.Г., Калугин И.А., Осуховская Ю.Н., Штурм М., Игнатова Н.В., Радзиминович Я.Б., Дарьин А.В., Кузьмин М.И. Осадконакопление в заливе Провал (озеро Байкал) после катастрофического затопления прибрежной равнины в 1862 г. // Докл. РАН, 2007б, т. 417, № 4, с. 511—516.

Голдырев Г.С. Литофации донных осадков // Динамика Байкальской впадины / Под ред. Г.И. Галазия, Ю.П. Пармузина. Новосибирск, 1975, с. 181—191.

Голдырев Г.С. Осадкообразование и четвертичная история котловины Байкала. Новосибирск, Наука, 1982, 182 с.

Голдырев Г.С., Выхристюк Л.А., Лазо Ф.И., Шимараева М.К. Особенности состава и строения верхней части осадочной толщи в котловине Байкала // V Всесоюз. симпозиум (Тез. докл.). Иркутск, 1979, с. 37—42.

Грачев М.А., Лихошвай Е.В., Воробьева С.С., Хлыстов О.М., Безрукова Е.В., Вейнберг Е.В., Гольдберг Е.Л., Гранина Л.З., Корнакова Е.Г., Лазо Ф.И., Левина О.В., Летунова П.П., Отинов П.В.,

Пирог В.В., Федотов А.П., Яскевич С.А., Бобров В.А., Сухоруков Ф.В., Резчиков В.И., Федорин М.А., Золотарев К.В., Кравчинский В.А. Сигналы палеоклиматов верхнего плейстоцена в осадках озера Байкал // Геология и геофизика, 1997, т. 38 (5), с. 957—980.

Грачев М.А., Горшков А.Г., Азарова И.Н., Гольдберг Е.Л., Воробьева С.С., Железнякова Т.О., Безрукова Е.В., Крапивина С.М., Летунова П.П., Хлыстов О.М., Левина О.В., Чебыкин Е.П. Регулярные осцилляции климата в масштабе тысячелетий и видообразование в озере Байкал // Основные закономерности глобальных и региональных изменений климата и природной среды в позднем кайнозое Сибири, Вып. 1. Новосибирск, ИАЭТ СО РАН, 2002, с. 107—121.

Домышева В.М., Шимараев М.Н., Горбунова Л.А., Голобокова Л.П., Коровякова И.В., Жданов А.А., Цехановский В.В. Кремний в озере Байкал // География и природные ресурсы, 1998, № 4, с. 73—81.

Колман С.М., Купцов В.М., Джойнс Г.А., Картер С.Дж. Радиоуглеродное датирование байкальских осадков // Геология и геофизика, 1993, т. 34 (10—11), с. 68—77.

Кузьмин М.И., Карабанов Е.Б., Каваи Т., Вильямс Д., Бычинский В.А., Кербер Е.В., Кравчинский В.А., Безрукова Е.В., Прокопенко А.А., Гелетий В.Ф., Калмычков Г.В., Горегляд А.В., Антипин В.С., Хомутова М.Ю., Сошина Н.М., Иванов Е.В., Хурсевич Г.К., Ткаченко Л.Л., Солотчина Э.П., Йошида Н., Гвоздков А.Н. Глубоководное бурение на Байкале — основные результаты // Геология и геофизика, 2001, т. 42 (1—2), с. 8—34.

Логачев Н.А. История и геодинамика Байкальского рифта // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (5), с. 391—406.

Мац В.Д., Уфимцев Г.Ф., Мандельбаум М.М. Кайнозой Байкальской рифтовой впадины: строение и геологическая история. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2001, 252 с.

Патрикеева Г.И. Донные отложения Малого моря // Тр. Байкальской лимнологической станции, т. 17, Иркутск, 1959, с. 205—254.

Потемкина Т.Г. Литодинамика прибрежной зоны озера Байкал: Автореф. дис. ... к.г.н. Иркутск, Ин-т географии СО РАН, 2000, 17 с.

Тулохонов А.К., Андреев С.Г., Батоев В.Б., Цыденова О.В., Хлыстов О.М. Природная микролетопись новейших событий в бассейне озера Байкал // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (9), с. 1043—1046.

Хурсевич Г.К., Карабанов Е.Б., Прокопенко А.А., Вильямс Д.Ф., Кузьмин М.И., Феденя С.А., Гвоздков А.Н., Кербер Е.В. Детальная диатомовая биостратиграфия осадков озера Байкал в эпоху Брунес и климатические факторы видообразования // Геология и геофизика, 2001, т. 42 (1—2), с. 108—129.

Bangs M., Battarbee R.W., Flower R.J., Jewson D., Lees J.A., Sturm M., Vologina E.G., Mackay A.W. Climate change in Lake Baikal: diatom evidence in an area of continuous sedimentation // Intern. J. Earth Sci., 2000, v. 89, p. 251—259.

Bradbury J.P., Bezrukova Ye.V., Chernyaeva G.P., Colman S.M., Khursevich G.K., King J.W., Likhoshvay Ye.V. A synthesis of post-glacial diatom records from Lake Baikal // J. Paleolimnol., 1994, v. 10, p. 213—252.

de Batist M., Canals M., Sherstyankin P., Alekseev S. A new bathymetric map of Lake Baikal. Intas 99-1669 Project Team, 2002.

Kuzmin M.I., Karabanov E.B., Prokopenko A.A., Gelety V.F., Antipin V.S., Williams D.F., Gvozdkov A.N. Sedimentation processes and new age constraints on rifting stages in Lake Baikal: results of deep-water drilling // Intern. J. Earth Sci., 2000, v. 89, p. 183—192.

Mackay A.W., Flower R.J., Kuzmina A.E., Granina L.Z., Rose N.L., Appleby P.G., Boyle J.F., Bradbury J.P. Diatom succession trends in recent sediments from Lake Baikal and their relationship to atmospheric pollution and to climate change // Philosophical Transactions of the Royal Society, London, 1998, v. 353, p. 1011—1055.

Neustadt M.I. On problems and subdivision of the Holocene, especially in USSR // Striae, 1982, (16), p. 91—94.

Petit J.R., Jouzel J., Raynaud N.I., Barnola J.M., Basile I., Bender M., Chappellaz J., Davis M., Delayque G., Delmotte M., Kotlyakov V.M., Legrand M., Lipenkov V.Y., Lorius C., Pepin L., Ritz C., Saltzman E., Stievenard M. Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from Vostok ice core, Antarctica // Nature, 1999, (399), p. 429—436.

Roberts N. The Holocene. An environmental history. Second edition. London, Blackwell Publishers, 1998, 304 p.

Sturm M., Vologina E.G, Levina O.V., Flower R.J., Ryves D., Lees J.A. Hemipelagic sedimentation and turbidites in the active tectonic basin of Lake Baikal // INTAS Conference «Active Tectonic Continental Basins» (Vol. Abstracts). Gent, Belgium, 1998, p. 85—86.

Sturm M., Vologina E.G. Characteristics of the uppermost sediments in Lake Baikal // International workshop for the Baikal and Hovsgol drilling project in Ulaanbaatar (Abstracts). Ulaanbaatar, Mongolia, 2001, p. 69—70.

Рекомендована к печати 26 декабря 2008 г.

А.В. Каньгиньм

Поступила в редакцию 28 января 2008 г.,

после доработки — 18 ноября 2008 г.