



Серия «Науки о Земле»
2012. Т. 5, № 2. С. 86–95

Онлайн-доступ к журналу:
<http://isu.ru/izvestia>

ИЗВЕСТИЯ
*Иркутского
государственного
университета*

УДК 551.3.051(282.256.341)

Минеральный состав поверхностных донных осадков и наносов притоков в районе северного берега Южной котловины озера Байкал*

Е. Г. Вологина (vologina@crust.irk.ru)

Аннотация. Приводятся результаты гранулометрического и минералогического (фракция 0,25–0,05 мм) анализов современных донных осадков и наносов притоков в районе северного берега Южной котловины оз. Байкал. Минералы песчаной составляющей донных отложений, вскрытых на глубине 1300 м в районе станции Шарыжалгай Кругобайкальской железной дороги, и осадков притоков в целом аналогичны и отражают состав пород горного окружения. Повышенное содержание биотита и наземных растительных остатков в самом верхнем турбидите (интервал 1–8 см) колонки донных отложений, вероятно, свидетельствует о том, что основным источником материала, слагающего данный слой, является северный берег Южного Байкала. Содержание минералов тяжелой фракции в большинстве проб наносов притоков значительно превышает этот показатель в байкальских осадках.

Ключевые слова: оз. Байкал, пелагические илы, турбидиты, донные наносы, гранулометрия, минеральный состав.

Введение

Южная котловина оз. Байкал характеризуется наиболее высокими темпами осадконакопления. Глубоководные осадки здесь, подобно другим котловинам Байкала, представлены пелагическими илами и турбидитами. Пелагические илы отлагаются в спокойной обстановке седиментации, поэтому они могут использоваться для проведения высокоразрешающих палеоклиматических исследований. Турбидиты образуются в результате действия каких-либо разовых явлений (оползни, селевые потоки и др.), когда значительное количество осадочного материала быстро переносится вниз ко дну озера, формируя градационные слои. Для полной реконструкции условий осадконакопления необходимо восстанавливать события, ответственные за образование отдельных турбидитов, определять источники и масштабы сноса осадочного материала. Одним из способов, позволяющих решать эти задачи, является минералогический анализ донных отложений и осадков притоков озера.

* Автор благодарен д-ру физ.-мат. наук, профессору Н. М. Будневу и участникам экспедиции НИИПФ ИГУ за поддержку работ и помощь в отборе керн донных осадков, а также И. А. Калашниковой, С. П. Сумкиной и Е. Г. Поляковой за помощь в отборе проб и проведении аналитических работ.

Материалы и методы

Исследована колонка поверхностных донных осадков ВАК10–5, отобранная на глубине 1300 м в районе станции Шарыжалгай Кругобайкальской железной дороги (КБЖД). Координаты точки отбора: 51°43,030' с. ш. 103°58,572' в. д. (рис. 1, а). Кроме того, были опробованы 9 притоков северного берега Южного Байкала – от р. Ангасолки до р. Маритуй (рис. 1, б).

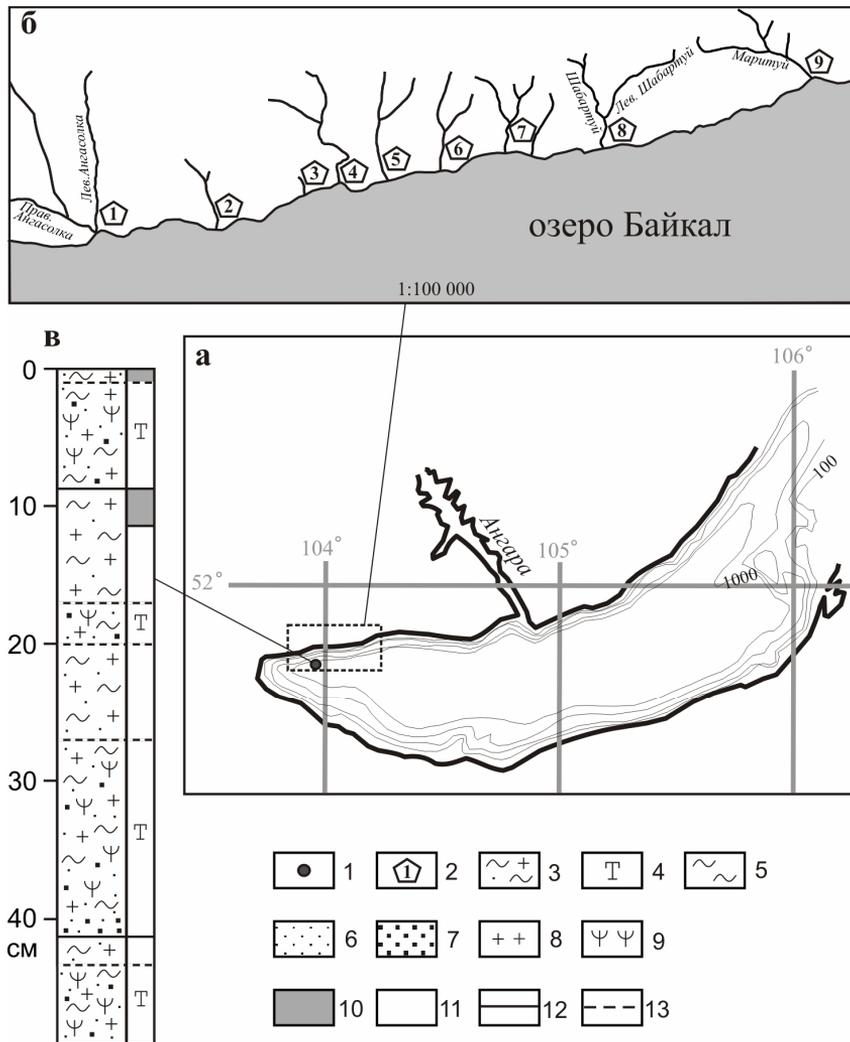


Рис. 1. Схемы точек отбора проб донных отложений (а), наносов притоков (б) и строение верхнего слоя осадков, вскрытых керном ВАК10–5 в Южном Байкале (в).
 Условные обозначения. 1 – точка отбора керна, 2 – места отбора проб наносов притоков, 3–13 – литологический разрез (в). Литологическая характеристика (левый столбец): 3 – пелагический ил, 4 – турбидит; 5–7 – типы осадков (фракции): 5 – пелит; 6 – алевроит, 7 – песок; 8 – диатомеи, 9 – наземные растительные остатки. Правый столбец: 10 – окисленные осадки, 11 – восстановленные осадки. Границы между слоями: 12 – четкие, 13 – нечеткие

Выполнен гранулометрический анализ проб донных отложений (8 проб) и наносов притоков (9 проб). При этом глинистая фракция была выделена методом отмучивания, а песчано-алевритовый материал рассеян на ситах. Исследован минеральный состав песчаной составляющей осадков (фракция 0,25–0,05 мм). Минералы легкой и тяжелой фракций, разделенные в бромформе с удельным весом 2,7, изучены в иммерсионных препаратах на микроскопе МИН–8.

Краткая геологическая характеристика района исследований

В береговой зоне района исследования распространены раннедокембрийские породы шарыжалгайского комплекса – гнейсы биотитовые, гранат-биотитовые, гиперстеновые; гранитогнейсы, кристаллосланцы, мраморы, кальцифиры, кварциты пироксен-магнетитовые, амфиболиты, мигматиты и др. [1; 2].

Результаты и обсуждение

Литологическая характеристика донных осадков колонки ВАК10–5. Отложения представлены переслаиванием пелагических биогенно-терригенных илов и турбидитов (рис. 1, в). Турбидиты отмечены в интервалах 17–20 см, 27,0–41,3 см, 43,3–49,0 см. Они были идентифицированы по градационной текстуре, более темному цвету и наличию наземных растительных остатков.

В интервалах 0–1 см и 8,7–11,4 см наблюдаются два окисленных слоя коричневого, темно-коричневого и коричнево-черного цветов. Между ними отмечается однородный темный слой. В отличие от вмещающих пелагических илов осадки этого слоя характеризуются более крупнозернистым гранулометрическим составом, значительным содержанием наземных растительных остатков и слюдястых частиц. Наличие захороненного окисленного слоя в интервале 8,7–11,4 см указывает на резкое увеличение скорости осадконакопления после его формирования. Таким образом, можно утверждать, что темный слой осадков в интервале 1–8,7 см образовался достаточно быстро в результате катастрофического события. Поэтому можно отнести его к турбидитам, хотя четкой градации материала по крупности в пределах слоя не обнаружено.

В полученном ранее керне в районе мыса Ивановский (около 29 км на восток от точки отбора колонки ВАК10–5; глубина озера в точке отбора 1360 м) отмечается до четырех турбидитов в разрезе [5]. В верхних 15 см керна наблюдается пелагический ил. Поэтому образование турбидита на глубине 1–8,7 см в колонке ВАК10–5, вероятно, связано с каким-то локальным событием. Вероятно, этим событием явилось землетрясение 1912 г., которое спровоцировало выброс больших объемов газа (возможно, метана) в водную толщу оз. Байкал и в атмосферу в районе станции Шарыжалгай Кругобайкальской железной дороги. Это явление наблюдалось в

августе 1912 г. местными жителями в виде «водяных столбов в несколько сажень высотой» и нашло отражение в региональной прессе [5].

Гранулометрический и минеральный состав донных отложений, вскрытых керном ВАК10–5

Результаты гранулометрического анализа осадков колонки ВАК10–5 приведены в табл. 1. В отличие от вмещающих пелагических илов турбидиты характеризуются повышенным содержанием песка (до 25,4 % в основании турбидитового слоя) и алевроита (до 50,3 %). Пелитовая составляющая варьирует от 29,1 до 41,2 %. Песок представлен главным образом тонкозернистыми разностями (до 20,7 %), мелкозернистый материал не превышает 4,7 %, среднезернистый – 0,33 %. Пелагические илы (интервалы 12–16 см и 21–26 см) состоят в основном из пелита (до 62,5 %) и алевроита (до 33 %). Примесь песка изменяется от 9,5 до 13 %, преобладает тонкозернистая фракция (до 8,8 %). Мелкозернистый песок не превышает 4,3 %. В интервале 2–8 см, соответствующем темному слою (предположительно – турбидиту), преобладает пелит (53 %), алевроит составляет 35,3 %, песок – 11,6 %. Песок главным образом тонкозернистый (до 11,6 %), мелкозернистая фракция равна 1,3 %, среднезернистая – 0,5 %. В незначительном количестве (менее 0,1 %) присутствует примесь крупнозернистого песка.

Таблица 1

Гранулометрический состав донных осадков колонки ВАК10–5

Интервал, см	Песок, %					Алевроит, %	Пелит, %
	кр.	ср.	м.	т.	всего		
2–8	0,07	0,53	1,33	9,67	11,6	35,33	52,87
12–16	–	–	1	8,5	9,5	33	56,6
17–20	–	0,11	1,82	11,76	13,69	44,23	41,17
21–26	–	–	4,25	8,75	13	24,37	62,5
27–31	–	0,13	2,6	17,39	20,12	42,17	37,3
31–35	–	0,03	2,41	17,93	20,37	50,27	29,1
35–40	–	0,03	4,67	20,67	25,37	39	35,33
44–49	–	0,33	3,17	18,4	21,9	40,17	37,67

Сокращения: кр. – крупный, ср. – средний, м. – мелкий, т. – тонкий.

Минеральный состав песчаной фракции (0,25–0,05 мм) донных осадков колонки ВАК10–5 в целом аналогичен таковому в байкальских отложениях из других районов [3; 4; 7]. Преобладают минералы легкой фракции – полевые шпаты (в основном, плагиоклазы), слюды (главным образом биотит) и кварц. В незначительных количествах (менее 1 %) отмечаются хлорит и графит. Почти во всех пробах присутствуют слюдисто-глинистые агрегаты, при этом максимальное их содержание (до 8 %) приходится на пелагические илы. Кроме того, в составе легкой фракции наблюдаются диатомеи (до 10,8 % в пелагических илах), наземные растительные остатки (до 3,2 % в турбидитовых слоях) и спикулы губок. В турбидитовом слое на глубине 2–8 см содержание биотита и наземных растительных остатков максимально по разрезу (48 и 10 % соответственно,

табл. 2). В тяжелой фракции преобладают пироксены (в основном диопсид), амфиболы (главным образом роговая обманка), гранат, ильменит, апатит, эпидот. Кроме того, встречаются сфен, магнетит, циркон, турмалин и др. (табл. 3). Содержание тяжелой фракции изменяется по разрезу от 2 до 7 %.

Таблица 2

Состав и содержание легкой фракции в донных осадках колонки ВАИК10–5

Состав	Содержание, %							
	2–8 см	12–16 см	17–20 см	21–26 см	27–31 см	31–35 см	35–40 см	44–49 см
Кварц	16	17,6	18	14,4	10,4	12	16	10,8
Плагиоклаз	16,4	22,4	26	33,2	25,2	34,4	34,8	24,8
Калишпаты	4,8	4	4,8	4,4	2,8	2,4	2	2,4
Биотит	48	30,4	33,2	36	40	40	36,8	41,2
Мусковит	4	4,8	12	8	12	8	8,4	12,8
Хлорит	зн.	зн.	0,4	зн.	0,8	0,8	зн.	0,4
Графит	0,8	0,4	зн.	зн.	зн.	зн.	0,4	0,4
Растительные остатки	6	–	–	–	0,8	зн.	0,4	3,2
Угл. раст. остатки	4	0,4	зн.	зн.	–	зн.	зн.	зн.
Диатомеи	зн.	10,8	0,8	зн.	1,6	0,4	0,4	1,2
Агрегаты	–	8	4	4	6	2	0,8	2,4
Спикулы губок	зн.	1,2	0,8	–	0,4	–	–	0,4

Сокращения в табл. 2: зн. – знаки (здесь и в табл. 3), угл. раст. – углифицированные растительные.

Таблица 3

Состав и содержание тяжелой фракции в донных осадках колонки ВАИК10–5

Минералы*	Содержание, %							
	2–8 см	12–16 см	17–20 см	21–26 см	27–31 см	31–35 см	35–40 см	44–49 см
Роговая обманка	26,2	20,6	26	22,4	24	24	26	30,4
Тремолит	0,8	0,2	зн.	1	0,4	зн.	0,6	1
Диопсид	33	42,8	48	44,6	40,6	42,8	42,4	41
Гиперстен	1	0,4	0,4	0,4	1,4	1	1	1,2
Гранат	19,4	17	10,8	16,2	10	10,8	10,8	9
Ильменит	4	5,4	4	2	6	10	7	3,4
Апатит	4,4	2,4	4	3,8	6,4	3,6	4,4	6,4
Эпидот	4,8	4,2	2,4	2,6	5,2	3,2	3,4	3,4
Сфен	4,4	2,4	2,2	4,6	2	1,6	2	2,4
Магнетит	1	3	1	1	1	1	0,6	0,6
Циркон	0,4	1,4	0,4	0,6	1	0,6	зн.	0,6
Турмалин	–	–	0,4	0,4	1,4	0,6	0,8	0,2

* В незначительных количествах (менее 1 %) встречаются ставролит, рутил, силлиманит, гетит и хлоритоид.

Данные гранулометрического анализа единичных проб донных наносов, отобранных в устьевых участках притоков северного берега Южного Байкала в районе КБЖД (см. рис. 1, б), показаны в табл. 4. Отложения, главным образом плохо сортированные, имеют самый разнообразный гранулометрический состав – от пелитового с примесью гальки, гравия, алеврита и песка до существенно песчаного и песчано-гравийно-галечного (см. табл. 4).

Таблица 4

Гранулометрический состав донных наносов притоков северного берега Южного Байкала

Номера проб*	Галька, %	Гравий, %	Песок, %					Алеврит, %	Пелит, %
			гр.	кр.	ср.	м.	т.		
1	–	–	4	30	50,7	9,6	1,3	0,7	3,3
2	13,5	5,6	0,5	0,1	0,1	0,5	0,9	5	73,6
3	–	4,8	8,6	9,4	7	9,6	4,1	3,1	53,4
4	–	–	0,5	0,3	0,5	8,7	16,7	35,2	37,5
5	22,2	7,2	4,4	5,1	6,1	13,2	9	14,4	18
6	3,8	20,8	11,8	17,3	15	12,5	4,3	5,4	8,8
7	11,3	3,7	6,2	10	10,7	14,6	10,3	13,1	19,8
8	–	–	17,7	34	18	11,7	3,7	2,7	12
9	19,2	39,9	15,3	9,5	4,9	3,8	1,3	1,5	4,5

*Примечание: точки отбора проб – см. рис. 1, б (здесь и в табл. 5, 6).

Сокращения: гр. – грубый, кр. – крупный, ср. – средний, м. – мелкий, т. – тонкий.

Минеральный состав песчаной (0,25–0,05 мм) фракции донных наносов приведен в табл. 5, 6. Главными компонентами осадков являются полевые шпаты (в основном, плагиоклазы – до 67,2 %), кварц (до 22,4 %) и биотит (до 44 %). В составе легкой фракции в значительных количествах присутствуют также наземные растительные остатки (до 57,2 %). Выход легкой фракции в пробах изменяется от 83 до 99,8 % (табл. 5).

Среди минералов тяжелой фракции преобладают роговая обманка (до 67,6 %), диопсид (до 51,4 %), ильменит (до 25 %), магнетит (до 24 %), гранат (до 22 %), эпидот (до 6,4 %), гетит (до 6 %). Кроме того, присутствуют гематит, циркон, гиперстен, апатит, сфен и др. (см. табл. 6). Выход тяжелой фракции в большинстве проб отложений притоков значительно превышает этот показатель в донных осадках Байкала и достигает 17 % (см. табл. 6).

Таблица 5

Состав и содержание (%) легкой фракции
в донных наносах притоков северного берега Южного Байкала

Состав	Номера проб*								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кварц	14	8,8	10	5,2	14	10,4	8	22,4	16
Плагиоклаз	67,2	15,6	38,4	10,8	32	39,6	27,6	48	47,2
Калишпаты	10	8	7,2	2,8	9,6	7,2	6	16,4	8,8
Биотит	8	24,8	8,8	20,4	20	40	44	12	18
Мусковит	зн.	зн.	0,4	1,2	0,8	зн.	0,4	зн.	0,4
Графит	–	зн.	0,4	–	–	–	–	–	–
Хлорит	зн.	–	–	–	–	–	зн.	зн.	–
Растительные остатки	–	4	22,8	57,2	16	1,6	14	зн.	3,2
Угл. раст. остатки	–	11,2	5,2	1,2	1,2	–	–	–	–
Углистый материал	зн.	23,2	5,6	1,2	6,4	0,8	–	–	6,4
Агрегаты	0,8	3,2	1,2	–	–	–	–	1,2	–
Карбонат	–	–	–	зн.	–	0,4	–	–	–
Стекло	–	1,2	зн.	–	–	–	–	–	–
Выход легкой фракции, %									
	90,4	99,8	90,9	99,7	98,1	83	86,3	89,5	84,8

Сокращения: зн. – знаки (здесь и в табл. 6).

Таблица 6

Состав и содержание (%) минералов тяжелой фракции в
донных наносах притоков северного берега Южного Байкала

Состав*	Номера проб								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Роговая обманка	54	6	20	6,6	9	61,4	67,6	58,8	36
Тремолит	–	–	–	–	–	0,4	0,2	–	–
Диопсид	29,6	23	51,4	22,6	37	25,6	19,8	27,6	27,2
Гиперстен	1,8	1	1	1	0,6	0,4	0,4	0,6	1
Ильменит	1,8	25	6	24	14,8	2	1	4	4,6
Магнетит	0,6	24	5	16	20	1,2	0,8	0,6	4
Гранат	2,2	3,6	4,2	19,2	13,2	3,2	3,6	3,2	22
Эпидот	6,4	2,8	6,2	4,4	1,4	3	4	3,2	1,6
Гетит	0,4	6	2	0,4	1,6	1	0,6	0,2	1,4
Гетит + гематит	–	5	1	1,2	0,4	0,4	зн.	–	–
Циркон	0,8	1,4	1,4	3,6	1,2	зн.	0,4	0,2	0,2
Сфен	0,8	1,2	0,4	0,6	0,4	0,6	0,2	зн.	–
Апатит	1,6	1	0,6	0,2	0,4	0,8	1,4	1,6	1,8
Выход тяжелой фракции, %									
	9,6	0,2	9,1	0,3	1,9	17	13,7	10,5	15,2

* В незначительных количествах (редкие знаки) встречаются рутил и гематит.

Минеральный состав изученных донных отложений в целом аналогичен составу осадков притоков в районе мыса Ивановский северного берега Южного Байкала. Отличительной характеристикой является наличие оливины и шпинели, обнаруженных в пробах наносов р. Ивановки и ручья, расположенного рядом со 102 км КБЖД (район мыса Ивановский). Источником этих минералов являются породы берегового разреза Белая выемка [6].

Минералы песчаной составляющей донных отложений, вскрытых на глубине 1300 м в районе станции Шарыжалгай Кругобайкальской железной дороги, и осадков притоков северного берега Южного Байкала в целом аналогичны и отражают состав пород горного окружения. Однако турбидит в интервале 1–8 см керна ВАК10–5 несколько отличается от вмещающих отложений. Повышенное содержание биотита и наземных растительных остатков в этом интервале колонки (см. табл. 2) и в пробах наносов притоков озера из этого района (пробы 4, 5, 6; см. табл. 5), вероятно, свидетельствует о том, что основным источником материала, слагающего данный турбидит, является северный берег Южного Байкала. Проведенные ранее исследования вещественного состава байкальских осадков показали, что источниками турбидитов, вскрытых буровым керном ВДР–97 и короткими (до 1 м) колонками донных отложений в разных районах Южной котловины Байкала, являются главным образом южные и юго-восточные склоны этой котловины [4, 7]. Вероятно, это свидетельствует о том, что самый верхний турбидит в керне ВАК10–5 образовался в результате действия какого-то локального события. Этим событием может быть землетрясение 1912 г. [5].

Заключение

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Отложения, вскрытые на глубине 1300 м в районе станции Шарыжалгай КБЖД, представлены переслаиванием пелагических биогенно-терригенных илов и турбидитов. Наибольший интерес представляет турбидит в интервале 1–8,7 см разреза. Вероятно, он образовался в результате землетрясения 1912 г.

2. Минеральный состав песчаной фракции донных осадков и наносов притоков в районе северного берега Южной котловины оз. Байкал в целом аналогичен и отражает состав пород горного окружения.

3. Повышенное содержание биотита и наземных растительных остатков в интервале 2–8 см керна ВАК10–5, соответствующем самому верхнему турбидиту, и в пробах наносов притоков озера из этого района, вероятно, свидетельствует о том, что основным источником материала, слагающего данный турбидит, является северный берег Южного Байкала.

4. Содержание минералов тяжелой фракции в большинстве проб наносов притоков значительно превышает этот показатель в байкальских осадках.

Работа выполнена при финансовой поддержке интеграционного проекта СО РАН № 34, гранта РФФИ № 12–05–98054–р_сибирь_а и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

Список литературы

1. Возрастные рубежи проявления высокотемпературного метаморфизма в кристаллических комплексах Иркутского блока шарыжалгайского выступа фундамента Сибирской платформы: результаты U-Pb датирования единичных зерен циркона / Е. Б. Сальникова [и др.] // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2007. – Т. 15, № 4. – С. 3–19.

2. Геологическая карта Прибайкалья. Масштаб 1:1 000 000 / ред. П. М. Хренов; М-во геологии СССР, Восточносиб. науч.-исслед. ин-т геологии, геофизики и минерал. сырья. АН СССР, Сиб. отд.-ние. Отпеч. геол.-картогр. партией УГСЭ ПГО «Уралгеология». 1983.

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

4. Источники сноса и состав донных осадков Южной котловины озера Байкал (предварительные результаты) / Е. Г. Вологина [и др.] // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2009. – Т. 2, № 2. – С. 53–64.

5. «Метановое извержение» на Байкале в 1912 году как эффект сильного землетрясения / Я. Б. Радзиминович [и др.] // Докл. РАН. – 2010. – Т. 432, № 3. – С. 356–359.

6. Особенности состава поверхностных донных осадков и наносов притоков в районе мыса Ивановский (северный берег Южного Байкала) / Е. Г. Вологина [и др.] // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2010. – Т. 3, № 1. – С. 18–29.

7. Результаты седиментологических исследований голоценовых отложений Южной и Средней котловин озера Байкал (на примере скважины VDP-97 и колонковых трубок) / Е. Г. Вологина [и др.] // Геология и геофизика. – 2007. – Т. 48, № 4. – С. 401–413.

Mineral composition of surface bottom sediments and deposits of tributaries in the area of north shore of Southern Basin of Lake Baikal

E. G. Vologina

Annotation. Results of grain size and mineral (fraction 0,25–0,05 mm) analyses of recent bottom sediments and deposits of tributaries in the area of north shore of Southern Basin of Lake Baikal are presented in the article. Minerals of sand fraction of bottom sediments, recovered at 1300 m in area of Sharyzhalgai station of the Circum-Baikal Railway, and deposits of tributaries are mainly the same. They reflect the composition of coastal rocks. High content of biotite and terrestrial plant remains within very upper turbidite (interval 1–8 cm) of sediment core possibly indicate that the main source of the deposits of this layer is the northern coast of South Baikal. Content of heavy minerals in the most samples of sediment of tributaries is much higher than in the Baikal deposits.

Key words: Lake Baikal, pelagic mud, turbidites, deposits of tributaries, grain size analysis, mineral composition.

Вологина Елена Геннадьевна
кандидат геолого-минералогических наук
Институт земной коры СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128
старший научный сотрудник
тел.: (3952) 51–20–42

Vologina Elena Gennadievna
Ph. D. in Geology and Mineralogy
Institute of the Earth's Crust SB RASS
128, Lermontova str., Irkutsk, 664033
senior researcher
tel.: (3952) 51–20–42