

КРАТКИЕ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 551.24+551.583.2

**ПРИРОДНАЯ МИКРОЛЕТОПИСЬ НОВЕЙШИХ СОБЫТИЙ
В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ**

А.К. Тулохонов, С.Г. Андреев, В.Б. Батоев, О.В. Цыденова, О.М. Хлыстов*

Байкальский институт природопользования СО РАН, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8, Россия

** Лимнологический институт СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, Россия*

Проводимые исследования процессов осадконакопления в заливе Провал позволяют подойти к вопросам реконструкции природных и антропогенных событий за последние полтора века с выделением надежных седиментологических маркеров: а) палеопочва (1862 г.); б) хлорорганические соединения (с 50-х гг.); в) следы ^{137}Cs (с 1953 г.); г) почва (1959 г.). Реализация и детализация программы изучения новейшего седиментогенеза Селенгинского мелководья дает возможность разработать уникальную природную микролетопись естественных и антропогенных явлений позднего голоцена.

Седиментогенез, донные осадки, бурение, природные и антропогенные маркеры, микролетопись.

NATURAL MICROCHRONICLE OF RECENT EVENTS IN THE BASIN OF LAKE BAIKAL

A.K. Tulokhonov, S.G. Andreev, V.B. Batoev, O.V. Tsydenova, and O.M. Khlystov

Studies of deposition processes in Bay Proval on the eastern side of Lake Baikal allow us to approach reconstruction of natural and anthropogenic events through the past 150 years on the basis of reliable sedimentological tracers. The tracers include fossil soil (1862), Cl-organic compounds (since the 1950s), ^{137}Cs (since 1953), and modern soil (1959). The project for investigation of recent sedimentation in the region around the Selenga delta offers an opportunity to decipher the unique natural microchronicle of natural and man-made events in the Late Holocene.

Sediment genesis, bottom sediment, drilling, natural and anthropogenic tracers, microchronicle

Изучение закономерностей развития природной среды и климата — одна из актуальных научно-практических задач. При этом уникальными природными объектами, непрерывно аккумулирующими информацию, выступают донные осадки. Наряду с изучением долгопериодных (~5 млн лет и более) летописей, полученных с помощью глубинного бурения, особый интерес вызывает процесс осадконакопления в зоне современных тектонических процессов в прибрежной области. К таким объектам, в первую очередь, можно отнести залив Провал.

Залив Провал образовался в январе 1862 г. в результате 10-балльного Цаганского землетрясения. За одну ночь под воды Байкала опустилась Цаганская степь площадью около 200 км² с пятью бурятскими улусами и комплексом хозяйственных построек [1]. В настоящее время на ее поверхности происходит накопление дельтовых отложений Селенги.

В 1958 г. в связи со строительством Иркутской ГЭС и подъемом уровня озера на 1,1 м Н.П. Ладохин [2, 3] провел бурение со льда залива Провал с целью определения его глубины и скорости современного осадконакопления. По его данным, под ледово-водным слоем выявлены почвы Цаганской степи, ныне погребенные под толщей осадков от 3,5 до 4,3 м.

Таким образом, в настоящее время почвы и торфяники Цаганской степи являются маркирующим горизонтом, четко определяющим нижнюю границу донных отложений, накопившихся со времени образования залива Провал. Несмотря на погружение горизонта палеопочвы, глубина залива существенно не изменилась со времени промеров Ф.К. Дриженко в 1898 г. [4]. Следовательно, можно сделать вывод, что скорость погружения сейсмогенной структуры примерно равна скорости седиментации дельтовых отложений Селенги.

Анализируя мощность и строение донных отложений в заливе, залегающих выше палеопочвы, представляется возможным акцентировать внимание на следующих задачах: определение мощности и

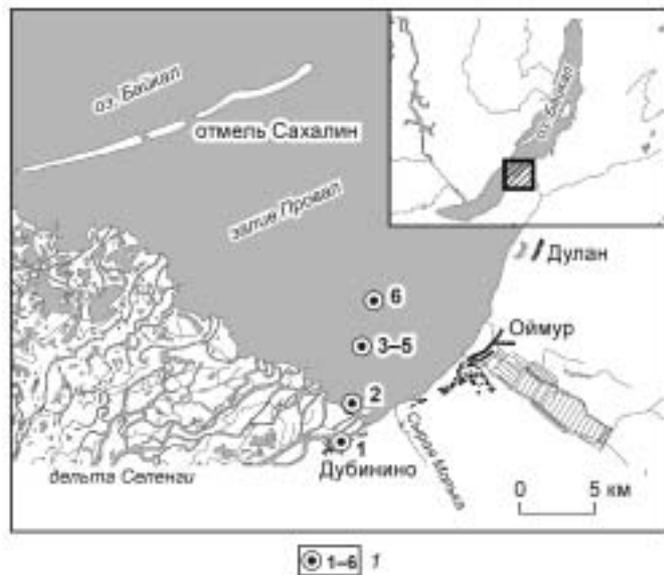


Рис. 1. Карта-схема района проведения работ.

1—6 — точки отбора проб и номера буровых скважин; 3—5 точки условно соответствуют скв. 14, 6 точка условно соответствует скв. 17, по Н.П. Ладохину [2].

скорости осадконакопления за 140 лет со времени образования залива; изучение влияния изменения многолетней и сезонной водности Селенги на строение ее дельтовых отложений (ленточные глины). Представляют интерес ранее полученные дендроклиматические данные (за последние 250—300 лет), которые существенно дополняют инструментальные наблюдения за гидрологическим режимом Селенги и оз. Байкал [5]. Слоистая структура деревьев и донных осадков, а также знание точных временных маркеров позволяют выявить корреляционные связи между этими процессами.

В ходе полевых работ 2002 г. было проведено бурение дна залива Провал буровым станком УКБ-12/25 колонковым и шнековым способом (рис. 1). Всего пробурено 6 скважин максимальной мощности до 6 м (шнеком на берегу озера). Координаты точек бурения зафиксированы с помощью GPS-станций. При бурении координаты скважин задавались в соответствии с опубликованными картами Н.П. Ладохина. Однако береговая линия с того времени существенно изменилась, и поэтому точки бурения могут быть смещены. Наиболее информативными, на наш взгляд, являются скважины, заложенные непосредственно над поселениями, указанными в работе [6].

В ходе полевых работ 2002 г. было про-

ведено бурение дна залива Провал буровым станком УКБ-12/25 колонковым и шнековым способом (рис. 1). Всего пробурено 6 скважин максимальной мощности до 6 м (шнеком на берегу озера). Координаты точек бурения зафиксированы с помощью GPS-станций. При бурении координаты скважин задавались в соответствии с опубликованными картами Н.П. Ладохина. Однако береговая линия с того времени существенно изменилась, и поэтому точки бурения могут быть смещены. Наиболее информативными, на наш взгляд, являются скважины, заложенные непосредственно над поселениями, указанными в работе [6].

Предварительное бурение позволило установить мощность осадков. Описание колонки № 6 в целом совпадает с полученными данными в работе Н.П. Ладохина (колонка № 17) [2]. Илы содержат большое количество органики, причем верхняя часть обводнена, что затрудняет отбор с полной сохранностью керна. В разрезе отмечается четкий переход к почвенно-торфяному горизонту. Мощность погребенной почвы составила 27 см. Ниже — хорошо отмытые алевроитовые, однородные тонкозернистые пески с редкими более глинистыми прослоями, относящиеся к дельтовой фации. На глубине 2,75 м отмечены органические остатки желтого цвета. В основании колонки преобладают более темные глинистые фракции. Некоторое несогласие в данных по мощности накопленных илов, полученных Н.П. Ладохиним (1,8 м) и нашими измерениями (1,5 м), может объясняться различиями в микрорельефе дна в местах отбора проб, а также трудностями при отборе проб в сильнообводненной верхней части керна. Ниже приводится разрез буровой скв. 6 (рис. 2).

При изучении процессов осадконакопления первоочередной задачей является получение надежных временных маркеров для определения интенсивности осадконакопления по отдельным периодам и даже сезонам. Для фиксации временных интервалов современного осадконакопления могут быть использованы как природные (горизонты палеопочв 1862 и 1959 гг.), так и антропогенные маркеры, например, такие как накопление хлорорганических соединений, радиологические аномалии (^{137}Cs).

В водоемах хлорорганические соединения сорбируются на взвешенных в воде частицах и оседают на дно, где происходит их захоронение на многие десятки лет вследствие низких скоростей их деструкции [7]. Поэтому, зная время начала использования и попадания данных соединений в водоемы, их можно рассматривать в качестве маркеров антропогенного воздействия. В 50—70-е годы прошлого столетия в бассейне оз. Байкал в качестве инсектицидов широко использовались пестициды ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан) и ГХЦГ (техническая смесь изомеров гексахлорциклогексана, т. е. сумма α -ГХЦГ, β -ГХЦГ, γ -ГХЦГ). В те же годы при производстве и эксплуатации электрооборудования, а также в качестве наполнителей при производстве красителей, смазочных материалов и прочее использовались ПХБ (полихлорированные бифенилы).



Рис. 2. Разрез буровой колонки № 6.

Хлорорганические соединения в керне донных отложений, нг/г сухого веса

Мощность осадка, см	ΣПХБ	ДДЭ	ДДД	ДДТ	ΣДДТ	α-ГХЦГ	β-ГХЦГ	γ-ГХЦГ	ΣГХЦГ	ГХБ
0—5	5,2	0,18	0,9	1,0	2,1	0,86	0,76	2,5	4,1	0,28
5—10	6,0	0,13	0,5	0,90	1,5	0,91	0,73	1,7	3,3	0,47
10—15	5,1	0,05	0,2	0,24	0,44	0,31	0,37	0,57	1,2	0,20
15—20	2,0	0,04	0,3	0,58	0,89	0,92	1,3	1,8	4,0	0,13
20—25	2,8	0,05	<0,10	0,09	0,16	0,24	0,23	0,48	1,0	0,13
25—30	1,3	0,05	<0,07	0,10	0,15	0,29	0,21	0,51	1,0	0,11
30—35	2,3	0,10	<0,07	0,18	0,27	0,78	0,45	2,3	3,5	0,29
35—40	2,4	0,08	<0,07	0,15	0,23	0,52	0,43	1,5	2,5	0,18
40—45	1,4	0,04	<0,07	0,10	0,14	0,35	0,27	0,60	1,2	0,11
45—50	0,50	<0,02	<0,07	0,08	0,10	0,11	0,11	0,27	0,49	<0,02

ПХБ, ДДТ и его метаболиты ДДД (дихлорхлорфенилэтан) и ДДЭ (дихлорхлорфенилэтилен), изомеры ГХЦГ (α-ГХЦГ, β-ГХЦГ, γ-ГХЦГ) и ГХБ (гексахлорбензол) были определены в пробах верхнего (до 50 см) рыхлого слоя керна скв. 6. Общая длина колонки до горизонта палеопочв Цаганской степи составила 1,5 м. Верхняя часть данного керна (50 см) была разделена на отдельные страты через каждые 5 см, примерно 2 г из которых использовали для анализа. Результаты анализа представлены в таблице.

На всех кривых распределения ПХБ и пестицидов проявляется общая тенденция уменьшения содержания с увеличением глубины (см. таблицу, рис. 3). Связано это с тем, что период полураспада ДДТ равен примерно 22 годам, потому в более давних по времени слоях произошло превращение ДДТ в метаболиты и частичное разрушение. Несмотря на запрет использования ДДТ в России (1971 г.), в наши дни наблюдается современный внос ДДТ посредством атмосферного переноса из стран, производящих и использующих ДДТ и ГХЦГ в наши дни (Китай и Индия) [8]. ПХБ как охлаждающая жидкость до сих пор используется в трансформаторах, расположенных в бассейне оз. Байкал, и потому технические аварии и разливы способствуют современному поступлению ПХБ в экосистемы. Поэтому распределение пестицидов и ПХБ показывает современное поступление и их медленное разрушение.

Учитывая тот факт, что период накопления осадков в заливе Провал со времени образования до 2002 г. составил 140 лет, а мощность накопившихся осадков — 1,5 м, то значит среднегодовое накопление осадков примерно равно 1,07 см (согласно методике расчета Н.П. Ладохина [2]). На глубине 50 см (что предположительно соответствует 1950—1960 гг.) содержание всех компонентов приближается к пределу обнаружения.

Концентрации ΣДДТ и ΣГХЦГ в анализированных пробах керна сопоставимы с уровнями содержания данных соединений в поверхностных донных отложениях притоков оз. Байкал (0,13—1,5 и 0,64—4,5 нг/г для ΣДДТ и ΣГХЦГ соответственно) [8], в керне из залива Аляска [9]. Преобладание ДДЭ по отношению к ДДД (рис. 4) свидетельствует о том, что в заливе преобладают аэробные условия, спо-

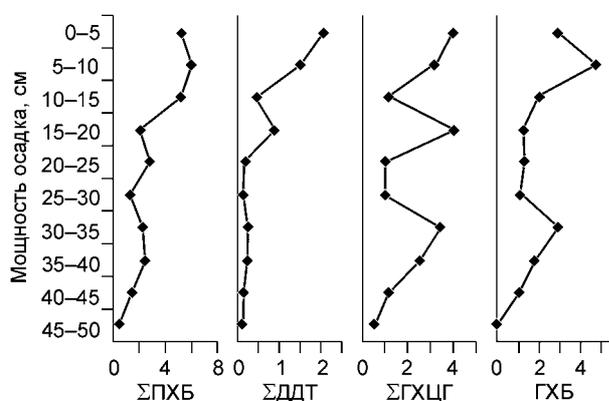


Рис. 3. Вертикальное распределение ПХБ, ДДТ, ГХЦГ и ГХБ в керне донных отложений, нг/г сухого веса.

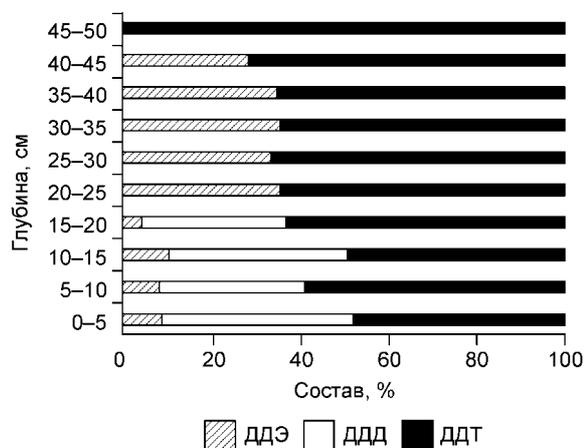


Рис. 4. Индивидуальные соединения в составе ΣДДТ в зависимости от глубины.

способствующие превращению ДДТ в ДДЭ, так как известно, что в аэробных условиях основным метаболитом ДДТ является ДДЭ, а в анаэробных — ДДД [10].

Еще одним надежным методом может быть горизонт осадков, образовавшийся после ядерных взрывов на Семипалатинском полигоне начиная с 1953 г. Однако отсутствие верхних частей кернов, не позволяет, к сожалению, сделать корректные анализы ^{137}Cs .

Таким образом, итоги бурения и изучения процессов осадконакопления в заливе Провал позволяют реконструировать природные и антропогенные события за последние полтора века и определить надежные седиментологические маркеры: а) палеопочва (1862 г.); б) хлорорганические соединения (с 50-х гг. прошлого века); в) следы ^{137}Cs (с 1953 г.); г) почва (1959 г.).

Данные исследования могут быть существенно дополнены в результате бурения мелководных заливов с южной стороны дельты Селенги, образовавшихся аналогично заливу Провал, однако значительно древнее по возрасту. Реализация и детализация программы изучения новейшего седиментогенеза Селенгинского мелководья позволяет, на наш взгляд, разработать уникальную природную микролетопись естественных и антропогенных явлений позднего голоцена.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Фитингоф А.** Описание местности при устье реки Селенги, опустившейся от землетрясений 30 и 31 декабря 1861 года // Горный журнал, 1865, т. 3, № 7, с. 95—101.
2. **Ладохин Н.П.** Современные тектонические движения в заливе Провал и методика их изучения // Изв. АН СССР, Сер. геогр., 1960, т. 9, № 1—2, с. 59—66.
3. **Казенкина Г.А., Ладохин Н.П.** Геоморфология и донные отложения залива Провал // Тр. Восточно-Сибирского геологического института СО РАН, 1961, вып. 3, с. 35—48.
4. **Дриженко Ф.К.** Атлас озера Байкал / Составлен гидрофизической экспедицией под руководством полковника Ф.К. Дриженко. СПб., Изд. Глав. гидрогр. упр., 1908, 31 л. (две сборные карты).
5. **Андреев С.Г., Наурзбаев М.М., Тулохонов А.К., Ваганов Е.А.** Радиальный прирост деревьев как индикатор длительных изменений гидрологического режима в бассейне озера Байкал // География и природные ресурсы, 2001, № 4, с. 49—54.
6. **Леонтьев О.К., Айбулатов Н.А.** Новые данные о заливе Провал // Природа, 1956, № 6, с. 87—89.
7. **Ровинский Ф.Я., Воронова Л.Д., Афанасьев М.И. и др.** Фоновый мониторинг загрязнения экосистем суши хлорорганическими соединениями. Л., Гидрометеиздат, 1990, 270 с.
8. **Цыденова О.В., Батоев В.Б., Weissflog L., Wenzel K.-D.** Загрязнение бассейна озера Байкал: хлорорганические пестициды // Химия в интересах устойчивого развития, 2003, № 11, с. 349—352.
9. **Iwata H., Tanabe S., Sakai N. et al.** Geographical distribution of persistent organochlorines in air, water and sediments from Asia and Oceania, and their implications for global redistribution from lower latitudes // Environ. Pollution, 1994, v. 85, p. 15—33.
10. **Dannenberger D.** Chlorinated microcontaminants in surface sediments of the Baltic Sea—investigations in the Belt Sea, the Arkona Sea and the Pomeranian Bight // Marine Pollution Bull., 1996, v. 32, p. 772—781.

*Рекомендована к печати 28 сентября 2005 г.
А.В. Каныгиным*

*Поступила в редакцию 14 мая 2004 г.,
после доработки — 15 июня 2005 г.*