

СЕЙМОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СОВРЕМЕННЫХ ОЗЕР: ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Донные отложения озер представляют собой объекты, исследования которых могут дать ключ к пониманию основных закономерностей сложного хода развития природы на Земле, причин, вызывающих колебания в состоянии ландшафтной оболочки и, наконец, возможность предвидеть направление развития природы, которое ожидает планету в будущем. Реконструкция палеоклиматов является в настоящее время актуальной фундаментальной проблемой. Существует большое количество методов, направленных на осуществление реконструкции палеоклиматов – это традиционные палеоботанические, палеопочвенные, палеофаунистические, палеогидрологические, изотопные, историко-археологические и другие методы, дополняемые, как правило, сериями радиоуглеродных датировок (Палеоклиматы..., 1989).

Привлечение сейсмостратиграфического анализа явилось нетрадиционным подходом к пониманию сложных процессов динамики климатов прошлого. Как известно, основу сейсмостратиграфии составляет визуальное расчленение разреза на разновозрастные толщи и иерархизованные седиментационные тела и воссоздание на этой основе истории осадконакопления с привлечением всей имеющейся геолого-геофизической информации (Сейсмическая стратиграфия, 1982). Решение проблемы во многом зависит от качества используемого сейсмоакустического материала, т.к. для восстановления ритмики ландшафтно-климатических изменений, происходящих на протяжении всего времени осадконакопления в озерных котловинах, необходимы устойчивые по площади волновые картины с минимальным фоном помех.

Сейсмостратиграфический анализ донных отложений проводился по сейсмоакустическим разрезам 2-х озер: Кандрыкуль и Асликуль, полученных в результате проведенного в 1997-1998 гг. сейсмоакустического профи-

лирования. Изучаемые озера располагаются в Южном Предуралье на Бугульминско-Белебеевской возвышенности в зоне лесостепи и частично в зоне широколиственных лесов ($\varphi = 54,5^\circ$; $\lambda = 55^\circ$) (Андреева, 1973). Площадь зеркала озера Асликуль составляет 22 км², озера Кандрыкуль – 18 км². Картина современного рельефа позволяет предположить, что котловины озер располагаются в зоне разлива достаточно крупной в прошлом реки, которая в настоящее время сохранилась в виде небольшой речки. Рельеф территории, окружающий озера, холмистый, перепады высот достигают 150 - 200 м. На некоторых участках берега очень крутые и обнаженные, что свидетельствует о продолжении абразии и в настоящее время.

По генезису озерные котловины принадлежат к эрозионно-тектоническому типу (Андреева, 1973). Их формирование приурочено ко времени отступления палеогенового моря и общего подъема Урала. На фоне общего подъема территории происходили разломно-блоковые движения, которые привели к образованию котловин, в дальнейшем видоизмененных под воздействием экзогенных процессов и занятых озерами. По форме озерные котловины занимают переходное положение от параболоида к полуэллипсоиду. Максимальные глубины озера Асликуль достигают 8-10 м, а оз. Кандрыкуль – 16 м. Состав донных отложений – органогенно-минеральный.

Сейсмоакустическое профилирование озер Асликуль и Кандрыкуль проводилось с использованием аппаратуры, созданной сотрудниками кафедры геофизики КГУ на базе портативного компьютеризированного геофизического комплекса. Для изучения донных отложений современных озер применяемый сейсмоакустический комплекс должен обладать сантиметровым разрешением и глубиной в первые десятки метров (Калинин, 1983). Данным требованиям удовлетворяет аппаратура с граничной частотой в 10 кГц и мощностью излучателя в первые сотни ватт.

Комплекс имеет в своем составе программируемый импульсный генератор, 12-ти канальный входной модуль с системой МАРУ и 16-ти разрядный аналого-цифровой преобразователь. В качестве регистратора информации используется магнито-оптический накопитель. Излучатель упругих колебаний относится к типу дифрагирующей решетки и состоит из 4 пьезокерамических элементов, возбуждение которых осуществляется отрезком прямоугольных импульсов частотой 10 и 5 кГц. В качестве приемного устройства используется группа из 10 цилиндрических пьезокерамических преобразователей. Излучатель и приемники крепятся с помощью амортизирующих устройств по бортам плавсредства – надувного плота, снабженного электрическим и бензиновым двигателями, а также системой спутниковой навигации (GPS-

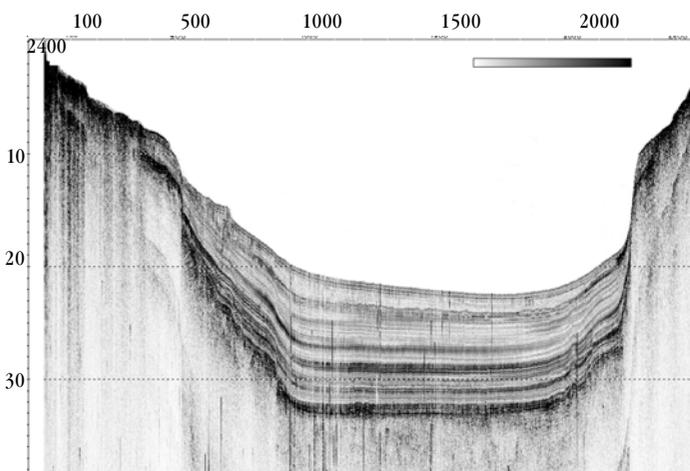


Рис. Сейсмоакустический разрез озера Кандрыкуль.

приемник), соединенной с геофизическим комплексом. На каждом объекте исследования отрабатывалось несколько профилей вдоль и вкрест простирания озера. После предварительной обработки, включавшей в себя процедуры редактирования, фильтрации, регулировки амплитуд, суммирования и скользящего осреднения были построены сейсмоакустические разрезы.

Полученные разрезы (см. рис.) характеризуются дифференциацией акустических свойств донных осадков. Характер волновых полей на сейсмоакустических разрезах во многом зависит от условий, в которых происходило формирование озера: геоморфологические особенности территории, генезис озер, колебания климата наложили свой отпечаток на процессы осадконакопления, и соответственно обусловили характер волновой картины.

Наблюдаемый на акустических границах характер изменения коэффициентов отражения, четкие и выдержанные оси синфазности отражающих горизонтов указывают на слабоэнергетическую обстановку осадконакопления в данных озерах. Разрезы характеризуются отсутствием каких-либо серьезных признаков постседиментационных изменений толщи донных отложений (типа оползневых явлений, тектонических нарушений), лишь в юго-восточной части оз. Кандрыкуль у берегового склона наблюдается сложная интерференционная волновая запись, характерная по своим динамическим характеристикам и общему облику волновой картины оползневому процессу.

При сопоставлении сейсмоакустического разреза с литологическим составом и петрофизическими свойствами осадков извлеченного со дна озера керна, было констатировано, что протяженным, выдержанным по конфигурации, высокоамплитудным отражениям на сейсмоакустических разрезах (сейсмofации центральной, наиболее глубоководной части озера) соответствуют границы осадков с плотной упаковкой частиц мелкой размерности (глин) и слабосортированных толщ (сапропелевые илы и алевроиты). Таким образом, характер изменения коэффициентов отражения на границах раздела сред и динамические особенности волн позволяют судить об изменениях условий седиментации и, в первую очередь, климата прошлых эпох.

Важно отметить, что исследованные два озера сформировались в голоценовую эпоху межледниковья с временной разницей в 6 тыс. лет. Выполненные ранее радиоуглеродным методом абсолютные датировки отобранных осадков оз. Кандрыкуль оценили возраст образцов из нижних частей колонок в 10 тыс. лет при общей мощности донных отложений 6 метров, а для оз. Асликуль – 4 тыс. лет при 3,5-метровой толщ. Формирование озера Кандрыкуль предположительно началось в конце пребореального периода и почти совпало с началом господства голоценовой эпохи 10300 ± 200 лет назад, а оз. Асликуль – в конце атлантического времени (4500-5000 лет назад) (Палеоклиматы..., 1989). Периоды потепления в голоценовой эпохе способствовали интенсивной аккумуляции аллохтонного материала, поступающего с водосбора озера, и накоплению органических продуктов распада (Андреева, 1973). Накопление голоценовых слабосортированных илистых осадков в центральной части озера (малоамплитудные отражения на акустических разрезах, слабая коррелируемость осей синфазности) происходи-

ло именно в теплые климатические периоды. Чем выше был темп осадконакопления, тем менее совершенна была сортировка осадков. Повышенный темп осадконакопления может также свидетельствовать о подъеме уровня водоема в теплые климатические периоды в результате разлива крупной в прошлом реки и, соответственно, увеличению привноса аллювиального материала. Такое осадконакопление слабосортированных частиц отображается на сейсмоакустических разрезах в виде “светлых” областей с небольшим количеством осей синфазности отраженных волн внутри соответствующих сеймопакетов.

При смене теплых климатических условий на более холодные происходило уменьшение поступающего в водоем терригенного материала. Это вело, в свою очередь, к преимущественному накоплению мелкозернистых хорошо отсортированных осадков (глинистых и пелитовых частиц) в пределах всего водоема. Этому способствовало то, что с понижением температур происходило более полное перемешивание стратифицированных слоев озерной воды. Хорошо отсортированным, тонкозернистым осадкам на сейсмоакустических разрезах соответствуют высокоамплитудные отражения.

Сопоставляя полученные сейсмоакустические разрезы с известной климатостратиграфической схемой голоцена (Палеоклиматы ..., 1989), можно сделать вывод, что накопление слабосортированных осадков, сильно поглощающих энергию сейсмических волн, происходило в периоды глобального потепления голоценовой эпохи, а частиц мелкой размерности с плотной упаковкой – в периоды глобального похолодания. Наблюдаемая корреляционная зависимость вариаций температурной кривой голоцена и полученных сейсмоакустических разрезов позволяет сделать вывод об однонаправленном и синхронном ходе изменения температур и степени отсортированности осадков в течение большей части голоцена.

Климатическому оптимуму голоцена (пик похолодания 4500 лет назад) на сейсмоакустическом разрезе озера Кандрыкуль соответствует резкая акустическая граница на глубине $\sim 19,5$ м (см. рис.). Имея хорошую коррелируемость акустических границ с климатостратиграфической кривой голоцена, мы можем оценить время формирования озерных котловин. Так нижнее коррелируемое отражение на сейсмоакустическом разрезе озера Асликуль, приуроченное к профундали, сопоставимо с климатическим оптимумом максимального потепления территории в голоценовую эпоху (конец атлантика) $\sim 5300 \pm 200$ лет назад. Абсолютная датировка радиоуглеродным методом (C^{14}) подтверждает данное предположение.

Таким образом, наблюдаемая коррелируемость акустических разрезов изученных озер с климатической изменчивостью подтверждает принципиальную возможность решения обратной задачи - восстановления палеоклимата древних эпох.

Литература

- Андреева М.А. *Озера Среднего и Южного Урала*. М.: Недра. 1973.
 Калинин А.В. *Сейсмоакустические исследования на акваториях*. М.: Недра. 1983. 202.
Обстановки осадконакопления и фашии. Под ред. Х. Рединга., М. 1990. ч. 1. 352.
Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена. М.: Наука. 1989. 168.
Сейсмическая стратиграфия. Под ред. Ч. Пейтона, М.: Мир. 1982.