

УДК 551.4.02+551.89+550.8.028

КЕРНЫ ДРЕВНИХ ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ: ОСОБЕННОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ

**В. С. Посаженикова^{1, 2)}, Е. В. Гаранкина^{1, 2)},
И. Г. Шоркунов^{1, 2)}, Е. А. Константинов¹⁾, А. Ю. Качалов¹⁾**

¹⁾*Институт географии РАН, Старомонетный пер., 29/4, 119017, г. Москва, Россия*

²⁾*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, 119991, г. Москва, Россия, vitaposazhennikova@gmail.com*

Рассмотрены различные типы ручных и механизированных буровых систем и особенности извлекаемых ими кернов рыхлых отложений. Проведено сравнение предлагаемых методик полевой и камеральной обработки кернов. Исходя из различий в постановке палеогеографических задач, определены наиболее эффективные методы бурения древних консолидированных озерных осадков в равнинных перигляциальных областях плейстоценовых оледенений.

Ключевые слова: полевые методы; ручное поршневое бурение; механизированное шнековое бурение; озерные осадки; древнеозерные котловины; ледниковые ландшафты; послеледниковые осадочные толщи.

CORES OF PALEO LAKE SEDIMENTS: HOW TO OBTAIN AND HOW TO PROCESS

**V. S. Posazhennikova^{1, 2)}, E. V. Garankina^{1, 2)}, I. G. Shorkunov^{1, 2)},
E. A. Konstaninov¹⁾, A. Y. Kachalov¹⁾**

¹⁾*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Staromonetny lane, 29, 119017, Moscow, Russia, vitaposazhennikova@gmail.com*

²⁾*Lomonosov Moscow State University, Leninskiye Gory, 1, 119991, Moscow, Russia*

The article considers specifics of sedimentary cores obtained by different manual and mechanized drilling systems. Proposed field and laboratory techniques of core preparation were compared concerning the different approaches for paleogeographic reconstructions. Thus, optimal coring methods of consolidated lacustrine sediments were determined for the periglacial areas of the Pleistocene continental glaciations.

Keywords: field techniques; manual piston coring; mechanized auger drilling; lake sediments; paleodepressions; glacial landscapes; postglacial sedimentary infilling.

Ландшафты областей покровных оледенений отличаются обилием замкнутых понижений (моренных западин и депрессий вытаивания мертвого льда, моренно-подпрудных котловин), которые впоследствии служат седиментационными ловушками и представляют интерес с т. з.

восстановления послеледниковой истории территорий, их условий, темпов денудации и аккумуляции [1, 2]. Естественные обнажения в таких геоморфологических позициях редки, тогда как толщи осадков в палеодепрессиях достигают мощностей в первые десятки метров и при том плохо дренированы, что препятствует заложению классических разрезов [3]. Поэтому изучение древнеозерных выполнений зачастую возможно лишь при помощи серии буровых методов.

Так, часто для извлечения озерных осадков используют легкие в транспортировке малогабаритные **ручные буры**. Выбор типа ручного бура зависит от гранулометрического состава и физического состояния грунта. Для отбора мягких агрегированных осадков предпочтение отдают *буру-«ложке»* (как Eijkelkamp d=30 mm), который способен извлечь почти ненарушенный профиль торфяного слоя. Однако тонкодисперсные органоминеральные осадки он сильно деформирует по краям, приводя к потере палеогеографической информации. Поэтому для отбора колонок неагрегированного водонасыщенного донного осадка как сапропель, гиттия или суглинок из мелководных водоемов (глубиной до 15 м) используют *«русский бур»* или более сложные *поршневые буры*. Так, при работе с озерными осадками часто используют поршневой бур Ливингстона и его модификации [4, 5], способные сохранить тонкую сезонную слоистость варв. Извлекаемый керн позволяет провести подробный текстурный и мезо- и микротекстурный анализ (в т.ч. в шлифе), а также извлечь достаточное количество материала для разнообразных аналитических исследований за счет относительно большого диаметра пробоотборника (таблица). Времы затраты на ручное бурение компенсируются отсутствием необходимости затяжной полевой обработки. Так, после извлечения керн сразу герметично упаковывается в пластиковую пленку для сохранения влажности грунта и укладывается в кабель-канал, пластиковую трубу или керновый ящик, которые обеспечивают сохранность формы. А уже в лаборатории керн вскрывают (разрезают на две половины чистым острым ножом вдоль оси), фотографируют его общий вид и фрагменты крупным планом с одним фокусным расстоянием для последующего сшивания панорамы высокого разрешения, после чего происходит отбор.

Среди **механизированных способов** в изысканиях распространены разновидности вращательного бурения, в частности, *шнековое*, или бескерновое с транспортированием разрушенной породы шнеками [6, 7]. Его используют для проходки скважин глубиной до 50 м (в редких случаях глубиной до 100 м) в рыхлых породах. Сама идея такого типа установок не предусматривала детального изучения литологических свойств осадков, в частности текстур. Однако отметим, что сотрудники

ИГ РАН, А. Ю. Качалов и И. Г. Шоркунов, модифицировали ее механизм для создания оригинальной *шнеково-свайной* буровой установки на базе шасси УАЗ. Аналогично прообразу, процесс бурения заключается во вкручивании в грунт подвижным вращателем шнека. Принципиальные отличия заключаются в скоростях вращения. Если шнековое бурение во главу ставит максимальную быстроту прохождения скважины, то шнеково-свайная установка позволяет выдерживать постоянную низкую скорость задавливания сваи и пропорциональность скорости заворота шнека в горизонтальной плоскости к вертикальному расстоянию между двумя витками реборды. Это обеспечивает сохранность структуры и текстур грунта в ленте, наматывающейся на стальную трубу между ребордами, с малыми деформациями на краях витков и непосредственно у осевого штифта, где грунт расклинивается и уплотняется.

Работа с кернами шнеково-свайной установки обладает рядом особенностей. Так, транспортировать ленту грунта без деформаций, сохраняя данные о глубине осадка, технически сложно. Оптimalен сплошной отбор пластинок грунта, зажатых между двумя витками реборды. Такая методика предполагает проведение тщательной подготовки керна, напоминающей работу с разрезами [3], и его фотофиксации непосредственно в поле ввиду уничтожения структуры грунта при отборе. Для получения детальных разномасштабных снимков (кернa высотой 1–1.5 м целиком, интервалов по 10–30 см с перекрытием и наиболее детальных изображений отдельных участков нарушений, включений, тонкой слоистости и т.д.) сначала начерно срезается загрязненная боковая поверхность кернового цилиндра. После, регулярно очищаемыми остро заточенными ножами выводится гладкая поверхность срезосмаза кернового цилиндра, на которой четко видны текстуры, включения и границы слоев. Это позволяет проводить подробный многоуровневый текстурный анализ в камеральных условиях по полученным снимкам. Для получения сравнимых цветосветовых характеристик фотофиксация керна проводится в естественной или искусственно создаваемой тени. При отборе фрагментов грунтовой ленты дополнительно срезается материал, деформированный трением о края реборд и центральную трубу; при необходимости, фиксируется ориентировка (верх-низ) каждого фрагмента ленты при его упаковке.

К недостаткам шнеково-свайной установки следует отнести невозможность работать с сильно обводненными грунтами и осадками под толщей воды. Затруднительно прохождение очень плотных и сухих толщ (например, морен напора и озерно-ледниковых толщ), к которым шнек может оказаться «припаян», что повлечет потерю всей буровой

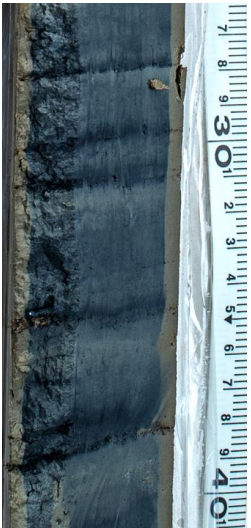
колонны. Также включения крупнее среднего щебня могут препятствовать проходке без применения трехзубого долота для дробления. Осложняет бурение и необходимость проведения основной обработки керна в поле, что сокращает проходку в течение светового дня (в среднем получается извлечь и обработать около 20–25 м керна, тогда как производственные мощности позволяют проходить более 50 м/день).

Реже озерные осадки опробуют механизированными **ударными** [6, 8] либо **колонковыми** [2] установками. Процесс бурения заключается в повторном ударном воздействии на осадок, в который загоняется полая металлическая труба с боковой прорезью для извлечения керна, либо вбыстровращательном вкручивании схожей трубы, соответственно. В результате керн деформируется как по краям (от вертикального сдвигающего давления либо разрушения породы по кольцу при вращении), так и по всей длине. Регулярная фиксация глубины забоя и мощности керна позволяет учитывать величину вертикальных деформаций. Прикраевые деформации срезаются опционально в поле или уже в лаборатории в слое ~1 см по бокам керна, что позволяет получить четыре ровные ортогональные поверхности срезосмазов. После фотофиксации каждой из шести граней монолитного блока, включая торцевые, он упаковывается в пластиковую пленку для герметизации естественной влажности грунта. Затем монолит плотно обматывается скотчем, начиная с его длинных ребер, для сохранения формы и внутренней структуры грунта при транспортировке. По длинной оси непосредственно на гранях каждого керна ножом и поверх скотча маркером наносятся стрелки, указывающие направление вверх, на забое — крест и точка — на верхней грани керна, позволяя избежать ошибок в ориентировке при камеральной работе [3].

Недостатком установки является дискретность керна, разбитого на фрагменты длиной в первые дециметры, с регулярными потерями вещества на забое. Это ограничивает получение сплошных серий данных, увеличивая риск пропустить кратковременное экстремальное событие в развитии котловины (залповый эрозионный размыв или следы промерзания/обмеления). Времызатраты на извлечение, упаковку и транспортировку внушительных по своим габаритам кернов окупаются возможностью детального лабораторного исследования монолитов грунта практически ненарушенной структуры [9]. Фактически, в случае древнеозерных осадков, это единственная полноценная альтернатива классическому исследованию структурной организации грунта в разрезах, так как дает возможность исследовать осадок в 3D (например, проследить протекание слоев, слоев и характер границ).

Таким образом, выбор буровой системы напрямую зависит от решаемых в исследовании задач. Для восстановления непрерывных последовательностей смены климатического сигнала с высоким

разрешением наилучшим образом подходят поршневые буры. Если необходимо подробно исследовать конкретные обстановки, это позволит сделать детальная работа с монолитами ударных и колонковых установок. А бóльший объем данных о фациальном разнообразии и общей структуре озерного выполнения эффективнее всего получать с помощью шнеково-свайного бурения. Однако все рассмотренные буровые системы (рисунок) обеспечивают проходку до 10-30 м, тогда как мощность наиболее перспективных озерных палеоархивов позднего плейстоцена может достигать более 50 м [10], что заставляет нас искать всё новые и более изощренные технологические решения.

Тип буровой системы	Ручная поршневая	Шнеково- свайная	Колонковая / ударная
Средняя макс. глубина забоя, м	15–20	25–30	5–10
Пробоотборник диаметром, мм	30–40	40–70	100–160
Характер отбора	сплошной	дискретный	сплошной, перерывы в месте отрыва
Физическое состояние осадка	обводненный, в т.ч. под водой	уплотненный, частично или полностью дренированный	
Публикации	4, 5	1	6, 7, 8
Фото керна			
	Сарское болото	Соловьевская котловина	

Особенности буровых систем и извлекаемых кернов

Исследование выполнено при поддержке РФФ, проект 23-77-10063.

Библиографические ссылки

1. Valdai Periglacial Field Symposium Guidebook, 27-30 August 2023 [Electronic edition] - IG RAS, Moscow, 2023.
2. *Garankina E. V., Belyaev V. R., Shorkunov I. G., Shishkina Yu. V., Andreev P. V., Sheremetskaya E. D.* Lake sedimentation as an agent of postglacial transformation of interfluves and fluvial landscapes of the Borisoglebsk Upland, Central European Russia // *PIANS*. 2019. Vol. 381. P. 13-20.
3. *Гаранкина Е. В., Шоркунов И. Г.* О чем молчат разрезы: методические аспекты работы с грунтовыми выработками в палеогеографических целях // Этот сборник. 2024.
4. *Vallentyne J. R.* A modification of the Livingstone piston sampler for lake deposits // *Ecology*. 1955. Vol. 36. № 1. Pp. 139-141.
5. *Wright H. E.* A square-rod piston sampler for lake sediments // *J. of Sedimentary Research*. 1967. Vol. 37(3). Pp. 975-976.
6. *Валигура Н. С.* Способы бурения неглубоких скважин // *Разведка и охрана недр*. 2014. № 2. С. 27-30.
7. *Черкасов В. И.* Области применения и проблемы бурения неглубоких скважин // *Разведка и охрана недр*. 2014. № 2. С. 24-27.
8. *Малинина Е. М., Аракчеева С. В.* Способы бурения скважин // *Вологдинские чтения*. 2009. № 76. С. 110-111.
9. *Шоркунов И. Г., Гаранкина Е. В.* Методология иерархического морфогенетического исследования: как прочесть историю отложений и почв между строк // Этот сборник. 2024.
10. *Посаженникова В. С., Гаранкина Е. В., Константинов Е. А., Зарецкая Н. Е., Захаров А. Л., Рудинская А. И., Шоркунов И. Г.* Хроностратиграфия позднеплейстоценовых отложений Сарского болота // *Перигляциал Восточно-Европейской равнины и Западной Сибири. Материалы Всероссийской научной конференции. Ростов Великий, 25–26 августа 2023 г.* [Электронное издание]