УДК 551.439(470.311)

© 2016 г. А.Н. МАККАВЕЕВ[1], В. ВАД. БРОНГУЛЕЕВ[1], И.И. АМЕЛИН[2], В.А. КАРАВАЕВ[1]

# ГЕОМОРФОЛОГИЯ РАЙОНА ОЗЕРА СМЕРДЯЧЬЕ И СТРОЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕГО ЕГО ВАЛА

*[1]Институт географии РАН, Москва, Россия*
*[2]Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск, Россия*
*e-mail: aleksander-mackaveeff@yandex.ru, bronguleev@gmail.com, vadimka_ig@mail.ru, twin-tour@yandex.ru*

Проведен геолого-геоморфологический анализ вала, окружающего котловину оз. Смердячье в Московской области, и ее ближайших окрестностей. Многие исследователи считают эту котловину следом удара метеорита, но бесспорных доказательств ее импактного происхождения до сих пор нет. Результатом удара метеорита являются почти полное отсутствие слоистости в отложениях, слагающих вал, тогда как за пределами вала, на обширной террасе позднеледникового возраста слоистость хорошо выражена. В верхних горизонтах вала многочисленны неокатанные обломки коренных пород, встречающихся здесь на глубине не менее 20 м. Вне вала они почти отсутствуют. Холмисто-грядовый рельеф, примыкающий к валу с СВ стороны, возможно, является следствием косого удара метеорита (с ЮВ на СЗ), при котором выбросы концентрируются в направлении движения ударника, хотя, скорее всего, эти формы представляют собой результат эоловой деятельности. В верхних горизонтах разреза террасы р. Поля так же, как и в одном из шурфов на валу, вскрывается аллювий, вовлеченный в криотурбации, вызванные сильным похолоданием во время последнего ледникового максимума, начавший отлагаться до эпохи последнего ледникового максимума (23–20 тыс. л. н.). Слои, связанные непосредственно с падением метеорита, перекрывают этот аллювий, что указывает на то, что это событие произошло в конце эпохи сильного похолодания, или вскоре после нее, то есть к периоду, возраст которого оценивается от 20 до 10 тыс. л. н.

***Ключевые слова:*** озеро Смердячье, метеоритная опасность, геолого-геоморфологический анализ, последний ледниковый максимум.

## Введение

Среди многообразия природных катастроф особое место занимают столкновения космических тел с Землей. В силу значительных скоростей в момент столкновения за время порядка нескольких секунд выделяется огромная энергия. Например, при столкновении тел поперечником 1 км мощность энерговыделения на поверхности Земли и в верхних частях литосферы превышает любой из эндогенных типов природных процессов (землетрясение, извержение вулкана). К счастью, астероиды подобных размеров сталкиваются с Землей относительно редко – примерно один раз в 600–700 тыс. лет [1]. Однако с уменьшением поперечника космического тела частота столкновений с Землей существенно возрастает. И, как показало падение Челябинского метеорита, даже относительно небольшие космические объекты диаметром 10–15 м представляют серьезную опасность.

Проблеме оценки астероидной опасности посвящено большое число работ [1–5]. Следует заметить, что эти оценки имеют приближенный, вероятностный характер и зачастую отличаются друг от друга. Это обусловлено, в первую очередь, различиями в подходах: при использовании “кратерных” методов, т. е. при поиске и описании следов падений метеоритов, следует учитывать экзогенное разрушение импактных структур и недостаточную изученность поверхности Земли. В астрономических методах трудности связаны с малым числом специализированных оптических систем с широким полем обзора, позволяющих обнаруживать астероиды поперечником менее 150 м, невозможностью наблюдения подобных объектов в обширной околосолнечной области. Поэтому идентификация большей части потенциально опасных астероидов

подобных размеров является очень трудоемкой задачей и пока далека от завершения. В связи с вышесказанным для уточнения оценок частоты подобных опасных явлений целесообразно исследование молодых, в том числе голоценовых, кратеров на поверхности Земли [6].

Информация об импактных структурах Земли – доказанных и предположительно отнесенные к этому типу содержится в ряде каталогов. Согласно [7], на сегодняшний день из всего объема данных, около 80% структур являются предполагаемыми. Анализ данных каталогов показывает, что большинство кратеров образовано падениями астероидов с поперечниками менее 100–150 м.

К сожалению, известные критерии метеоритного происхождения очень сложно применять для структур поперечником 0.3–3 км в силу крайне малого объема сохранившегося метеоритного вещества и относительно низкой скорости при столкновении, что обусловливает малый объем ударно-модифицированных пород мишени. Кроме того, сложность доказательства импактного происхождения подобных объектов связана с их значительным морфологическим сходством с котловинами, образованными "земными" процессами (разрушенные пинго, формы, связанные с деятельностью ледника, либо воронки, образованные при выходе на поверхность Земли больших объемов метана или водорода). Необходимо отметить, что в случае малых кратеров неоднородность поверхностных слоев будет особенно сильно влиять на пространственное распределение и наличие высокобарических фаз минералов, что значительно затрудняет применение стандартных моделей импактного кратерообразования [8].

Одним из интереснейших и доступных для изучения природных объектов, который обладает описанными выше особенностями, является оз. Смердячье в Московской области. Первым на возможность возникновения котловины озера в результате недавнего, по геологическим меркам времени, падения крупного метеорита обратил внимание краевед, житель г. Рошаль Н.А. Филин в конце прошлого века. Несмотря на значительное число посвященных озеру работ [9–11 и др.], бесспорных доказательств его импактного происхождения до сих пор нет. Отсутствуют фактические данные, позволяющие провести реконструкцию события и определить последствия ударного воздействия на породы мишени. Кроме того, котловина озера до сих пор не зачислена в каталог достоверных импактных структур Земли.

С целью дальнейшего изучения генезиса котловины и вала оз. Смердячье и была проведена настоящая работа, опирающаяся на геолого-геоморфологический анализ вала, окружающего котловину озера, и ее ближайшего окружения. Использовались такие традиционные методы, как заложение шурфов, описание разрезов, установление последовательности некоторых событий, отраженных в структуре отложений.

## Геоморфологическое положение озера

Оз. Смердячье находится на междуречье небольших рек Поля и Воймега бассейна р. Клязьмы (рис. 1), имеет округлую форму, глубину до 30 м при размерах зеркала воды 240 × 260 м. Оно окружено валом диаметром по гребню 330–370 м, местами достигающим высоты 5–6 м над озером. Над окружающей равниной вал возвышается всего на 1–2 м, а в самой высокой юго-восточной своей части – более чем на 3 м.

Озеро лишено притоков, но из него вытекает руч. Смолка. Узкая долина ручья прорезает окружающий вал в одном из наиболее высоких его участков – на северной оконечности озера. Поэтому она не могла возникнуть при стоке воды, переполнявшей озеро (если бы такое случалось). Более вероятно искусственное происхождение верховьев долины Смолки, хотя следов земляных работ пока не обнаружено. Косвенно на них указывают остатки насыпи длиной 10–12 м и высотой до 3.5 м над урезом ручья, отходящей под прямым углом от его правого борта на расстоянии примерно 75 м от истока. Насыпь перегораживает только узкую пойму и на ее продолжении в русле ручья видны остатки свай. Возможно, здесь была плотина, построенная на канаве, прорытой для соединения ручья с озером, которая служила для регулирования уровня воды в по-

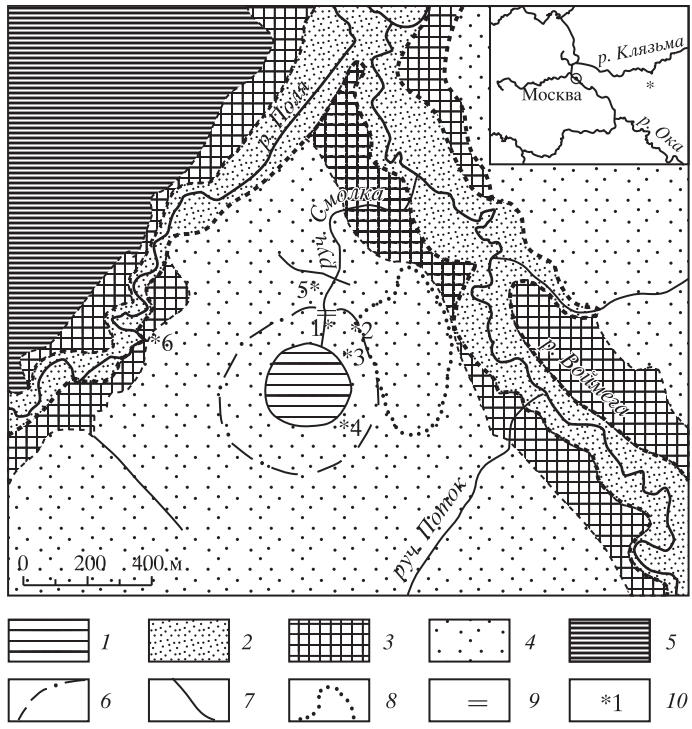


*Рис. 1.* Геоморфологическая схема района оз. Смердячье
*1* – оз. Смердячье; *2* – днища долин рек Поля и Воймега; *озерно-аллювиальные уровни: 3* – нижняя валдайская терраса, *4* – верхняя валдайская терраса, *5* – среднечетвертичный (?) уровень (терраса?); *6* – внешняя граница вала; *7* – ручьи и временные водотоки; *8* – граница области холмисто-грядового рельефа; *9* – остатки плотины; *10* – шурфы и их номера. На врезке звездочкой показано положение оз. Смердячьего

следнем. Предположительно, это произошло в середине прошлого века, когда в районе проводили гидротехнические работы, в частности, были спрямлены излучины р. Воймеги.

Озеро расположено на обширной террасе валдайского времени. В центре европейской части России обычно выделяют две валдайские аллювиальные террасы. В низменностях, подобных Мещере, они очень схожи по высоте, нередко образуя единую поверхность шириной до 30–35 км. На верхней из них и находится оз. Смердячье. Поверхность нижней террасы сливается с 1-й надпойменной террасой р. Клязьмы. Согласно А.И. Спиридонову [12], высота этой террасы над урезом реки соответствует высокой пойме малых рек Мещеры, формировавшейся в раннем голоцене, часть аллювия которой имеет позднеледниковый возраст [13].

Также поверхность верхней террасы осложняют несколько прямолинейных ложбин, выходящих почти под прямым углом к долине руч. Смолка. Самая протяженная из них, длиной до 60 м, подходит к ручью с запада, примерно в 250 м от озера. Следов водотока в ее днище не наблюдается. На противоположном берегу ручья, напротив ее устья к берегу выходит еще одна более короткая (около 30 м длиной) ложбина, продолжающая предыдущую на восток от ручья, то есть долину последнего как бы пересекает система из двух ложбин. Если рассматривать плановые очертания самой долины Смолки, то можно заметить резкие коленообразные изменения ее направления. Подобный плановый рисунок долинки ручья и связанных с ним ложбин мог возникнуть в том случае, если они заложились по системе крупнополигональных мерзлотных структур, образование которых было связано с морозобойным растрескиванием в условиях сильного похолодания в эпоху последнего ледникового максимума (LGM, 23–20 тыс. л.н.). Очевидно, что формирование сети малых водотоков, использовавших понижения, возникшие на поверхности валдайской террасы в результате таяния жильных льдов, произошло позже, в голоцене.

Непосредственно к ССВ от вала примерно параллельно ему расположена серия вытянутых пологосклонных гряд, холмов и разделяющих их ложбин длиной в первые десятки метров и около 20–30 м шириной. Высота гряд над днищами ложбин 2–5 м. По геологическим данным мощность четвертичных отложений (аллювиальных, озерно-ледниковых и ледниковых) в этом районе достигает 15–25 м. Они перекрывают

нижнемеловые и верхнеюрские пески и глины, мощность которых не превышает 10–20 м. О том, что котловина озера достигает залегающих еще глубже пород каменноугольного возраста, можно судить по находкам в верхних горизонтах отложений, слагающих вал, неокатанных обломков белого ракушечника.

### Строение отложений вала и окрестностей озера

Самый глубокий – 2.8 м – *шурф № 1* (рис. 2) был заложен на склоне правого берега руч. Смолка на 0.9 м ниже плоской вершины вала. Под почвенными супесчаными и песчаными горизонтами на глубине 0.2–0.4 м залегает прослой темно-коричневой супеси, в которой встречается мелкий гравий. На глубине 0.4 м супесь светлеет, гравий исчезает. Нижняя граница слоя четкая, но неровная. До этой глубины в разрезе встречаются валуны разной степени окатанности. Ниже вскрывается песок светло-серый, мелко- и тонкозернистый с пятнами желтого мелкозернистого. Нижняя граница горизонтальная, нечеткая. В интервале 0.90–1.10 м залегает песок серый того же состава, в котором встречены горизонтально-волнистые прослои коричневого алеврита мощностью 3–4 см. Нижний контакт нечеткий, горизонтальный. Глубже залегает песчаная толща с очень слабо выраженной субгоризонтальной слоистостью. В верхней части разреза следы ожелезнения выражены в виде бурых субгоризонтальных неровных прослоек мощностью 1–3 см. Пятна ожелезнения встречаются и в основании шурфа.

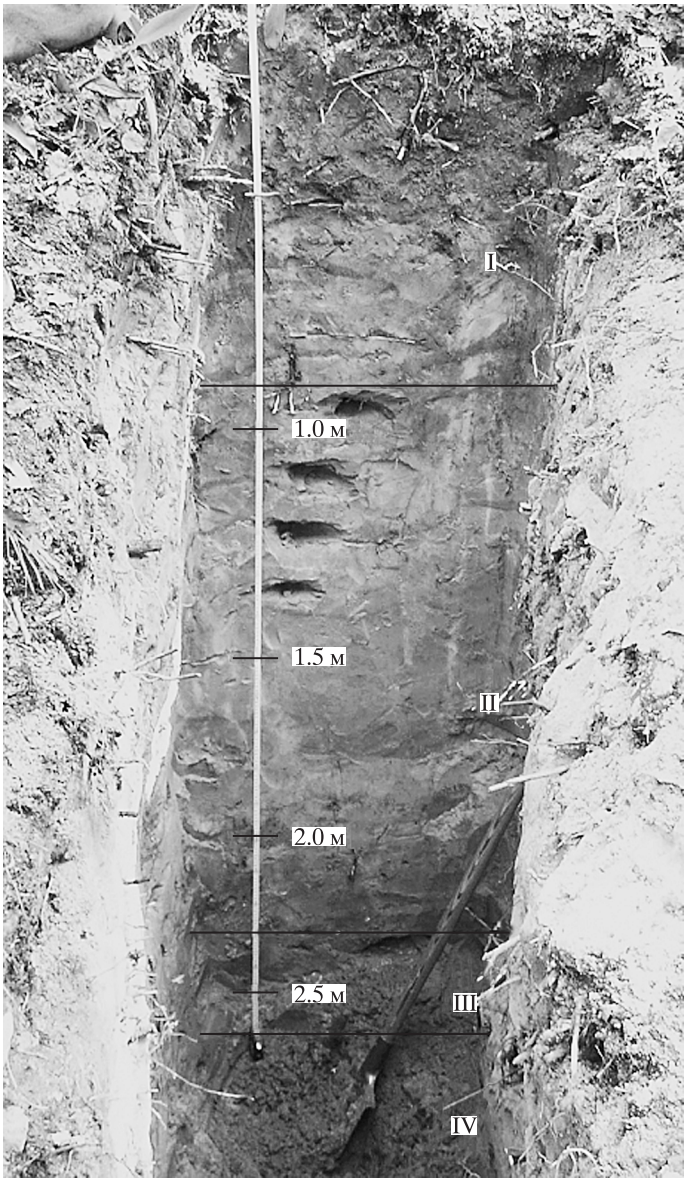


*Рис. 2*. Разрез в борту долины руч. Смолки (шурф № 1)
*Римскими цифрами обозначены горизонты:* I – дернина и почва, подстилаемые супесью с мелким гравием; II – песок тонко- и мелкозернистый с редкими горизонтально-волнистыми прослоями песка глинистого, в нижней части – примесь песка среднезернистого; III – алеврит с тонкой субгоризонтальной слоистостью; IV – песок тонкозернистый, местами переходящий в глину и оторфованную глину

*Рис. 3.* Разрез гребня северо-восточной части вала (шурф № 2)

О строении верхних горизонтов этой части вала можно судить также по *шурфу № 2* (рис. 3), расположенному на гребне вала в 150 м к востоку от шурфа № 1. Его глубина 1 м. Разрез представлен песками без заметных следов слоистости, но с прерывистыми, как бы деформированными, прослойками ожелезнения. В песке встречаются единичные мелкие валуны.

*Шурф № 3* был заложен на внутреннем склоне вала на ССВ берегу озера. Высота забоя шурфа составляет здесь около 3 м над урезом, а высота вала – 5–5.5 м. Под подзолистой песчаной почвой на глубине 0.7 м вскрыта толща перемятых (в виде завихрений и изгибов, напоминающих криотурбации) черных и сизоватых глин с небольшими включениями песка. Мощность ее 0.9 м. Небольшой ледниковый клин проникает от кровли слоя глины на глубину 30–40 см. Глины подстилаются тонкими песками и алевритами. В почвенных слоях над глиной – до глубины 0.7 м – часто встречается обломочный материал, среди которого преобладают остроугольные обломки метаморфизованных пород, длина самый крупного из них 0.4 м, диаметр 0.3 м (рис. 4, 5).

*Шурф № 4* (рис. 6) дает представление о строении наиболее высокой южной части вала. Он расположен на внутреннем склоне вала на высоте 3 м над урезом. Под почвенными горизонтами вскрыта толща мелко- и тонкозернистых светло-желтых и желтых песков. В ней хорошо заметны тонкие (не более нескольких мм) бурые прослои ожелезненного песка, повторяющиеся через каждые 5–15 см. Прослои неровные, волнистые и падают в сторону озера под углом 8–10° в целом параллельно поверхности склона. В интервале 1.1–1.8 м преобладают неслоистые светло-желтые тонкозернистые пески с отдельными пятнами песка темного слабогумусированного. На глубине 1.8–2.05 м встречены прослои глины и глинистого песка мощностью 0.5–2.5 см. Прослои падают параллельно поверхности склона к озеру, но, в отличие от ожелезненных песков, вскрытых выше, они более ровные, не изгибаются. Еще ниже, до максимальной

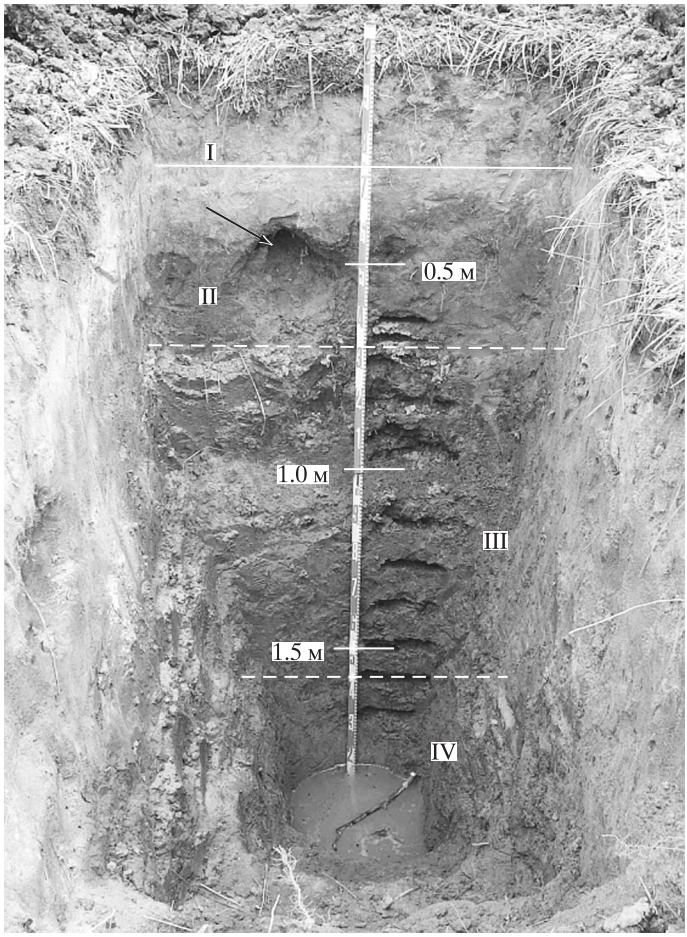


*Рис. 4.* Разрез внутреннего склона северо-восточной части вала оз. Смердячьего (шурф № 3)
*Римскими цифрами обозначены горизонты:* I – почва, пески тонко- и мелкозернистые, II – пески тонкозернистые с обломочным материалом, редкие мелкие частицы угля, III – глины и пески перемятые (криотурбированные), IV – алевриты. Стрелкой показано место залегания крупного валуна

глубины шурфа в 2.40 м, залегают аналогичные по составу также неслоистые пески. Начиная почти с поверхности и до глубины 0.6–0.7 м, в шурфе встречаются многочисленные обломки метаморфизованных и неметаморфизованных пород, в том числе известняков, кремнистых известняков, доломитов с каменноугольной фауной и т. п.

За пределами вала обильный каменный материал не встречается, что показал разрез, вскрытый *шурфом № 5, заложенном* примерно в 500 м к северу от озера на поверхности окружающей его равнины. Шурф пройден на глубину всего 0.9 м из-за высокого стояния уровня грунтовых вод. Под моховой подстилкой и светло-серым мелкозернистым песком, на глубине 0.4 м залегает бурый разнозернистый глинистый песок с редкой галькой. Мощность этого прослоя изменяется от 1 до 10 см. Верхняя граница прослоя четкая, неровная. Ниж-

*Рис. 5.* Обломки коренных пород из верхних горизонтов вала оз. Смердячьего

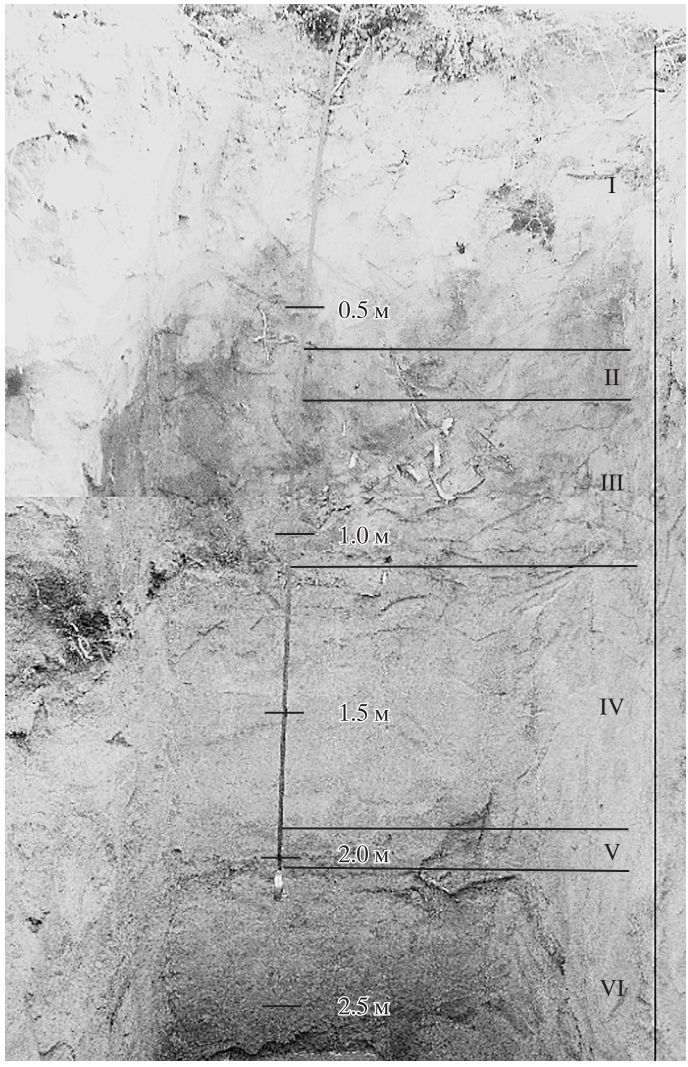


*Рис. 6.* Разрез южного берега вала оз. Смердячьего (шурф № 4)

*Римскими цифрами обозначены горизонты:* I – пески тонко- и мелкозернистые неслоистые с редкими включениями обломочного материала, II – то же со значительным количеством обломков метаморфических пород и доломитов, III – пески тонко- и мелкозернистые с сильно деформированными прослоями ожелезнения, IV – пески тонкозернистые, местами слабогумусированные (недоразвитые погребенные почвы), V – чередование тонких (до 1–2 см) прослоев глин и песков глинистых, VI – пески тонко- и мелкозернистые неслоистые

ний контакт нечеткий. С глубины 0.5 м прослои коричневой супеси чередуются со светло-серым тонкозернистым песком, местами зеленовато-желтым. Слоистость горизонтальная. Эти отложения постепенно, примерно с глубины 0.7 м, переходят в песок бурый и желтый мелко- и тонкозернистый. По всей вероятности, в данном разрезе мы наблюдаем ненарушенные аллювиально-флювиогляциальные отложения.

*Обнажение на реке Поле.* Большой интерес для расшифровки истории формирования котловины озера представляет обнажение на правом, подмываемом в вершине меандра берегу р. Поля, притока р. Клязьмы, примерно в 0.4 км от берега озера (рис. 7). В расчистке обнажаются отложения, слагающие террасу высотой 3.5–3.8 м. Абс. высота уреза воды в реке 108 м, тогда как в оз. Смердячье – 111 м. На противоположном (левом) берегу р. Поля развит уровень высотой 2–2.5 м (1-я терраса или высокая пойма). Высота самой поймы 1–1.2 м, низкой поймы – 0.3–0.5 м.

Под дерниной и белесыми мелко- и тонкозернистыми пылеватыми песками с глубины 0.25 м залегают темно-желтые пески того же состава, неслоистые, постепенно переходящие в пески мелкозернистые светло-желтые, предположительно русловой аллювий фации прирусловых отмелей. Горизонтально-волнистая слоистость подчеркивается тонкими (1–3 мм) прослоями песков бурых мелко- и тонкозернистых с примесью глинистых частиц, слабо сцементированных. С глубины 1 м пески переходят в мелко- и среднезернистые с отдельными включениями более крупных разностей вплоть до мелкого гравия (русловой аллювий пристрежневой фации). Ниже 1.5 м слабодеформированные слои местами образуют линзы, как бы выполняя неглубокие пологие пони-

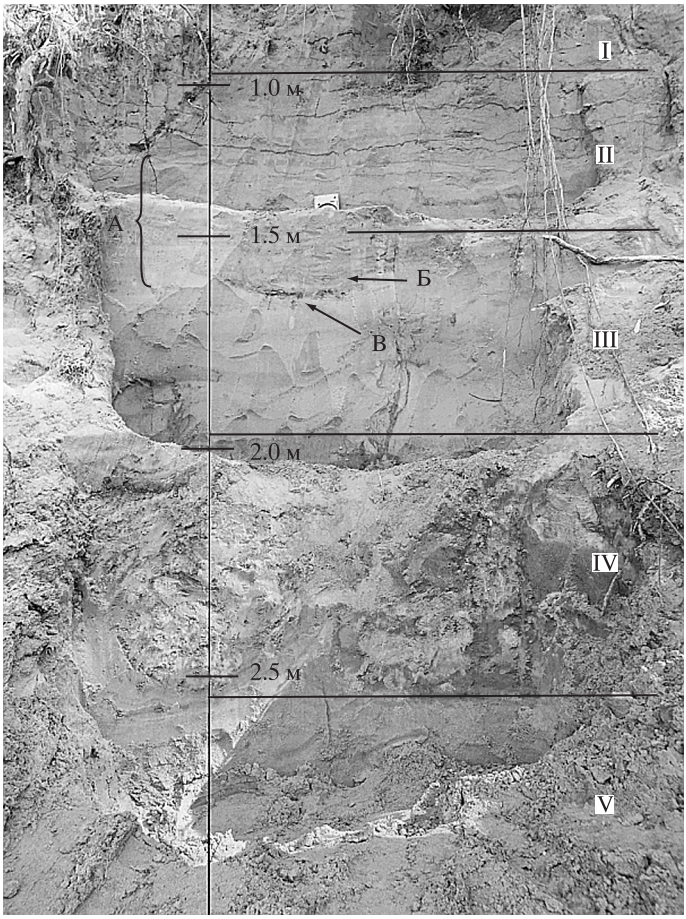


*Рис. 7.* Разрез террасы р. Поли вблизи оз. Смердячьего (шурф № 6)
*Римскими цифрами обозначены горизонты. Пески:* I – тонко- и мелкозернистые неслоистые, II и III – тонко-, мелко- и среднезернистые слоистые; IV – супеси, глины, пески со следами криотурбаций; V – пески тонко- и мелкозернистые с горизонтальной слоистостью. А – недоразвитые погребенные почвы, Б – мелкие включения угля, В – мелкий щебень

жения. Примерно на глубине 1.5–1.55 м в линзе светло-бурого алеврита толщиной до 2–3 см найдены мелкие (0.5–1 см и менее) остроугольные и плохо окатанные обломки метаморфизованных пород. Немного выше этого прослоя в песке встречаются очень мелкие темные угольки, которые могут быть следами пожара травянистой или моховой растительности. В песчаной толще отмечены разрозненные темные примазки, группирующиеся в прерывистые полосы, что позволяет их интерпретировать как плохо развитые почвы. Контакт с нижним горизонтом резкий, неровный, в целом волнистый. На глубине 1.90–2.50 м залегает "криотурбированный" горизонт, состоящий из хаотично перемятых прослоев и линз темно-бурой легкой плотной супеси, местами переходящей в сизую глину, а также светлых тонкозернистых песков. Нижний контакт горизонта четкий, волнистый.

Ниже, до глубины 2.8 м (т. е. примерно до 1 м над урезом воды в реке) залегают пески ярко-желтые и светло-желтые, тонко- и мелкозернистые горизонтально-слоистые. Мощность отдельных слоев 1–3 мм. Среди них попадаются тонкие прослои серых разнозернистых песков – от мелко- до крупнозернистых. Низ разреза скрыт осыпью.

## Обсуждение результатов

В разрезах, вскрытых на валу озера (шурфы 1–4), обращает на себя внимание почти полное отсутствие сколько-нибудь хорошо выраженной слоистости отложений. Местами видны субгоризонтальные и волнисто изогнутые прослойки ожелезненных песков, возможно, соответствующие какой-то исходной слоистости. Местами слабо прослеживается субгоризонтальная слоистость. Однако, характер контактов этих разностей неровный, иногда сильно нарушенный. В то же время за пределами вала, на террасе р. Поли и на окружающей равнине к северу от вала, слоистость присутствует. Поэтому нет оснований предполагать, что образование вала происходило в результате

аккумуляции водных или водно-ледниковых осадков, как это, вероятно, было с валом, окружающим оз. Светлое в том же Московском регионе [14]. Точно так же, в строении осадков, формирующих вал оз. Смердячье, нет никакого сходства с делювиальными или делювиально-солифлюкционными отложениями, накапливающимися у подножия склонов. Поэтому мы не можем относить вал и котловину оз. Смердячье к остаткам крупного пинго, существовавшего здесь в перигляциальных условиях, как это предполагается для котловины и вала оз. Красное [15].

Наблюдаемая структура преимущественно песчаных отложений вала оз. Смердячье, как представляется, могла возникнуть вследствие удара метеорита. Взрыв вызвал частичное разжижение грунта, а "бульдозерный эффект" привел к его сгруживанию по периферии воронки и образованию вала. В результате первичная слоистость отложений, наблюдаемая в разрезе террасы р. Поли и на равнине за пределами вала была в значительной степени утеряна, особенно в верхних горизонтах. Сейчас она наблюдается фрагментарно, слои, подчеркнутые ожелезнением, деформированы, а собственно слоистость появляется в низах разрезов на глубинах около 3 м от поверхности. Верхние горизонты вала частично должны быть сложены выбросами из кратера (котловины озера), мощность которых, судя по встречающимся осколкам каменного материала, не превышает 1 м. При изучении противопожарных рвов и шурфованием выявлено, что внешняя граница зоны выбросов проходит в 90–100 м от береговой линии озера (0.4–0.5 радиуса его котловины) и выражена весьма отчетливо. Холмисто-грядовый рельеф, примыкающий к валу с СВ стороны, возможно, является следствием косого удара метеорита (с ЮВ на СЗ), при котором выбросы концентрируются в направлении движения "ударника" (16), хотя, скорее всего, эти формы представляют собой результат эоловой деятельности.

В нижних слоях разреза террасы р. Поли (1.9–2.8 м), видимо, вскрывается аллювий, начавший отлагаться до эпохи последнего ледникового максимума (23–20 тыс. л. н.). Начиная с уровня 1.9 м от поверхности, осадконакопление шло в мелеющем водоеме и в его прибрежной части с застойными условиями (тонкие осадки вплоть до глин). Временами поверхность отложений оказывалась выше уровня воды. Тогда начинали образовываться почвы. Но интенсивность процессов почвообразования была достаточно низкой, тем более, что о суровом холодном климате того времени можно судить по вовлечению этих отложений в криотурбации, вызванные сильным похолоданием во время последнего ледникового максимума.

Согласно исследованиям А.А. Величко и ряда других палеогеографов [17], условия для образования таких криотурбаций в отложениях верхнего плейстоцена характерны для эпохи последнего ледникового максимума (LGM) – 23–20 тыс. л.н. Эти выводы были подтверждены исследованиями, проведенными недавно в центре Восточно-Европейской равнины А.В. Паниным с соавторами [18]. Как уже отмечалось, в шурфе № 3, расположенном на склоне вала, на глубине 0.7–1.6 м вскрыты подобные же криотурбации. Здесь этот горизонт наряду с песками содержит прослои глин, что так же, как и в обнажении на р. Поля, указывает на обмеление водоема и возникновение застойных условий.

Вскоре после накопления криотурбированного слоя – в конце эпохи сильного похолодания или вскоре после нее – происходит импактное событие, и в понижения на поверхности формирующейся в то время террасы, где существовали маленькие озерки или даже лужи, попадают мелкие обломки пород, образовавшиеся в результате взрыва метеорита. Хотя материал, выброшенный из метеоритного кратера, обычно разлетается на расстояние примерно равное радиусу кратера, но в небольшом количестве обломки могли отлететь и на несколько большее расстояние (400 м). Углистые прослойки, вероятно, являются следами пожара, вызванного падением метеорита.

Затем сток по реке возобновился, сначала он был небольшим и, возможно, перегруженным материалом, сносившимся с водоразделов еще слабо закрепленных растительностью. В дальнейшем эти отложения были погребены под 1.5-метровой преиму-

щественно песчаной толщей аллювиально-озерных и эоловых отложений. Позже, по мере возрастания водности, река начала врезаться, и поверхность, на которой расположен разрез, перестала заливаться в половодья, и перешла на положение террасы.

## Выводы

В отложениях вала оз. Смердячье не обнаружены отчетливые признаки их накопления у подножия какого-либо возвышения, например, древнего и очень крупного бугра пучения (пинго). Нет также оснований предполагать, что формирование вала произошло в результате аккумуляции в водных потоках, наподобие формирования кама. Строение отложений вала, как нам кажется, может быть результатом мгновенного разжижения водонасыщенных аллювиальных и водно-ледниковых песков в момент удара метеорита, результатом которого стала частичная или полная потеря первичной слоистости этих осадков в верхах разреза и их сгруживание по периферии котловины вследствие “бульдозерного эффекта”. Прослои мелкообломочных метаморфизованных пород и углистых частиц, обнаруженные на глубине 1.5–1.55 м от поверхности террасы реки Поли, предположительно можно считать следами падения метеорита, образовавшего котловину и вал оз. Смердячье. Эти слои находятся выше горизонта криотурбированных отложений, и, следовательно, моложе его. Таким образом, установленные к настоящему времени данные о строении отложений, слагающих вал и его ближайшие окрестности, не противоречат метеоритной гипотезе и свидетельствуют о том, что предполагаемое падение метеорита относится к позднеледниковью или раннему голоцену, т. е. к периоду, возраст которого оценивается от 20 до 10 тыс. л. н. Более точное определение даты могут дать только дальнейшие исследования.

Авторы выражают глубокую благодарность за помощь при проведении полевых работ и консультации краеведу Н.А. Филину, докт. физ.-мат. наук В.К. Гусякову (Новосибирский институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН), доктору Даллас Абботт (обсерватория Ламонт-Дохерти, Нью-Йорк) и сотруднику Нижегородского государственного университета А.К. Киселеву.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Амелин И.И., Гусяков В.К., Ляпидевская З.А.* Методика оценки частоты импактных событий // Пробл. информатики. 2013. № 4. С. 21–35.
2. *Shoemaker E.M.* Asteroid and comet bombardment of the Earth // Ann. Rev. Earth and Planet. Sci. 1983. No.11. P. 461–494. Http: // articles.adsabs.harVard.edu/full/1983AREPS. 11. 461 S.
3. *Grieve R.A.F and Shoemaker E.M.* The record of past impacts on Earth // Hazards due to comets and asteroids. G.T. Tucson (ed). Arizona: The University of Arizona Press. 1994. P. 417–462.
4. *Morrison D., Chapman C. and Slovic P.* The record of past impacts on Earth // Hazards due to comets and asteroids. G.T. Tucson (ed). Arizona: The University of Arizona Press. 1994. P. 59–92.
5. *Bland P.A. and Artemieva N.A.* The rate of small impacts on Earth // Meteoritics & Planetary Science. 2006. Vol. 41. No. 4. P. 607–631. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1945-5100.2006.tb00485.x/pdf
6. *Кестлане Ю.В., Мелла К.Х.* Новые вероятные четвертичные метеоритные кратеры СССР // Тез. докл. XX Всесоюзн. метеоритной конф. Таллинн–М.: Изд-во АН СССР, 1987. Ч. 1. С. 47–48.
7. Web Encyclopediaon Natural Hazards. Expert Database on Earth Impact Structures (EDEIS) // tsun.sscc.ru/impact. php
8. *Collins G.S., Melosh H.J., and Marcus R.A.* Earth Impact Effects Program: A Web-based computer program for calculating the regional environmental consequences of a meteoroid impact on Earth // http://impact.ese.ic.ac.uk/ImpactEffects/effects.pdf.
9. *Badjukov D.D., Brandstatter F., Ivanova M.A., Korochantsev A.V., Kurat G., Lorents C.A., Nazarov M.A. and Ntaflos T.* The Smerdyachee lake: a possible impact crater near Moscow, Russia // Lunar and planetary science. 2003. Vol. XXXIV. P. 1566.

10. *Kashkarov L.L., Badjukov D.D., Ivliev A.I., Kalinina G.V., and Nazarov M.A.* The Smerdyachee lake: new evidence for impact origin and formation age // Lunar and planetary science. 2005. Vol. XXXVI. P. 1822.
11. *Енгалычев С.Ю.* Метеоритный кратер на востоке Московской области // Вестн. СПбГУ. Сер. 7. 2009. № 2. С. 3–11.
12. *Спиридонов А.И.* Геоморфология // Геология СССР. Т. 4. 1971. С. 489–636.
13. *Бреслав С.Л.* Четвертичная система // Геология СССР. Т. 4. 1971. С. 679–706.
14. *Маккавеев А.Н.* Механизм образования некоторых астроблемовидных озер на примере озера Светлое (Московская область) // Геоморфология. 2011. № 3. С. 61–73.
15. *Маккавеев А.Н., Бронгулеев В.Вад., Караваев В.А.* Котловина и вал озера Красное в Московской области – следы древнего пинго // Геоморфология. 2014. № 1. С. 66–74.
16. *Мелош Г.* Образование ударных кратеров: геологический процесс. М.: Мир, 1994. 336 с.
17. *Величко А.А., Морозова Т.Д., Нечаев В.П., Порожнякова О.М.* Палеокриогенез, почвенный покров и земледелие. М.: Наука, 1996. 144 с.
18. *Панин А.В., Матлахова Е.Ю., Беляев Ю.Р., Бульярт Ж.-П., Дубис Л.Ф., Мюррей А., Пахомова О.М., Селезнева Е.В., Филиппов В.В.* Осадконакопление и формирование террас в речных долинах центра Русской равнины во второй половине позднего плейстоцена // Бюл. Комис. по изуч. четвертич. периода. 2011. № 71. С. 47–75.

Поступила в редакцию 29.12.2015

## GEOMORPHOLOGY OF THE SMERDYACH'E LAKE AND ITS SURROUNDING ROLL STRUCTURE

**A.N. MAKKAVEYEV[1], V.VAD. BRONGULEYEV[1], I.I. AMELIN[2], V.A. KARAVAYEV[1]**

*[1]Institute of Geography RAS, Moscow, Russia*
*[2]Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russia*
*e-mail: aleksander-mackaveeff@yandex.ru, bronguleev@gmail.com, vadimka_ig@mail.ru, twin-tour@yandex.ru*

Geologic-geomorphologic analysis of roll surrounding Smerdyach'e Lake basin and its neighborhoods were analyzed. Lots of researchers considered this basin as a footprint of meteor impact, but there is no incontestable proof of its impact origin. The result of meteor impact is almost general lacks of stratification in roll sediments, while stratification is well-defined abroad the roll on the vast postglacial terrace. Non-rounded debris of bedding rocks to a depth of non-less than 20 m was observed in upper roll horizons. They are almost absent outside the roll. Hill-and-ridged relief adjoining from the North-East side to the roll probably is a result of oblique impact of meteor (from the South-East to the North-West) whereby mass ejection is concentrated toward moving the impactor, although probably these forms are the result of eolian factor. Upper horizons of the Polya River terrace, as in the case of one of the roll test pit, penetrates alluvium involved in cryoturbation caused by cold snap during last glacial maximum and initiate to deposit before the epoch of last glacial maximum (23–20 thousand years ago). Layers intimately associated with meteor impact cover this alluvium, and this support the idea of meteor impact in the end of cold snap epoch or soon after it, i.e. to the period from 20 to 10 thousand years ago.

***Keywords*:** Smerdyach'e Lake, meteor risk, geologic-geomorphologic analysis, last glacial maximum.

doi:10.15356/0435-4281-2016-2-85-95