

## ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ — ВЕЛИКАЯ ПОЗДНЕЛЕДНИКОВАЯ ПУСТЫНЯ

А. А. Величко, С. Н. Тимирёва

*Андрей Алексеевич Величко, доктор географических наук, профессор, заведующий лабораторией эволюционной географии Института географии РАН. Руководитель проекта 04-05-64599.*

*Светлана Никитична Тимирёва, кандидат географических наук, старший научный сотрудник той же лаборатории.*

*Первую публикацию статьи см.: Природа. 2005. №5. С. 54–62.*

Самые крупные в мире озерно-болотные системы — Амазония и Западная Сибирь — в последние десятилетия пользуются особым вниманием специалистов как основные поглотители на суше главных парниковых газов — углекислого и метана. От реакции болот на потепление во многом будет зависеть температурный режим атмосферы планеты и глобальный цикл углерода.

Именно этой проблеме был посвящен совместный проект Института географии РАН и Калифорнийского университета (Лос-Анджелес), в рамках которого в 1999—2001 гг. проводилось несколько экспедиций в Западную Сибирь\*. Пересекая эту великую равнину на самолете с юга на север, не устаешь удивляться обилию, разнообразию форм, размеров и цвета озер и болот, образующих неповторимую ландшафтную ткань более чем тысячекилометрового лесного таежного пояса. Но в наземных маршрутах, особенно во внутренней части, поражает другой феномен — обилие песчаных отложений, которыми сложены не только террасы рек, но и более высокие уровни, включая даже водоразделы, такие как Сибирские Увалы (рис. 1). В этом участники российско-американской экспедиции убедились при бурении болотно-торфяных залежей. Однако еще большее удивление вызвал даже предварительный просмотр под биноклем кварцевых зерен песка из отложений, подстилающих торф. Похоже, здесь совсем не давно по геологическим масштабам была настоящая пустыня.



*Рис. 1. Песчаные отложения в Сибирских Увалах. Фото О. К. Борисовой*

\*В исследованиях помимо авторов принимали участие: с российской стороны — К. В. Кременецкий, О. К. Борисова, Ю. М. Кононов, Т. В. Самборский, П. А. Дубинин, а с американской — Г. МакДональд, Л. Смит, К. Фрей.

### **Особенности рельефа Западной Сибири**

Исследованные нами озерно-болотные системы располагаются преимущественно к северу от 60° с. ш. Основную часть этой территории занимает зона тайги, которая на широте Полярного круга переходит в лесотундру и затем в тундру. Температуры января колеблются от -21°C на юге рассматриваемой территории до -28°C на севере, а июля — от +18°C до +4°C, годовое количество осадков от 600 до 400 мм [1].

Несмотря на то, что Западная Сибирь объединяется одним географическим понятием — «равнина», в строении ее поверхности, при общем наклоне в сторону Северного Ледовитого океана, проявляется существенная дифференциация. Периферические участки равнины с востока, запада и юга приподняты по сравнению с ее внутренней частью. На западной окраине — это вытянутая вдоль Уральских гор Северососьвенская возвышенность с высотами до 300 м над ур. м. Параллельно ей вдоль правобережья Оби протягивается возвышенность — Белогорский материк с высотами до 150 м над ур. м. На восточной окраине, близ Среднесибирского плоскогорья, располагается меридиональная полоса Нижне-енисейской возвышенности с высотами до 200 м над ур. м. На юге равнину ограничивают предгорья Саяно-Алтайской горной системы.

Внутренняя область равнины также неоднородна. Она разделена на северную и южную части холмистой грядой Сибирских Увалов, пролегающих вдоль широтной полосы около 62° с. ш. Гряда служит главным водоразделом для многих рек внутренней области равнины. Здесь берут начало такие реки, как Надым, Пур, Таз. Их бассейны занимают пологонаклонную равнину, обращенную к Северному Ледовитому океану.

К югу от Сибирских Увалов расположена наиболее пониженная часть Западно-Сибирской равнины. Здесь образуется замкнутая, сильно заболоченная депрессия — Ханты-Мансийская низменность, ядро которой составляет Сургутская низина, вытянутая в широтном направлении. Ее ширина с севера на юг составляет около 60—90 км. Абсолютные высоты в центральной части не превышают 50—60 м над ур. м. С этой низменностью соседствует другая — Кандинская. Эта система образует общую субширотную пониженную область в тылу Сибирских Увалов — главную геоморфологическую депрессию Западно-Сибирской равнины. Южнее начинается подъем поверхности до 100—150 м над ур. м. в сторону возвышенности Тобольский материк и Васюганской равнины.

Черты рельефа и литологические свойства отложений равнины, в том числе слагающих торфяники, предопределены геологической историей региона в мезокайнозое. Поскольку рамки журнальной статьи не позволяют остановиться на них подробно, отметим лишь, что массив торфяно-болотных образований, исследовавшихся в рамках проекта, относится к трем различным в геологогеоморфологическом отношении районам (рис. 2).

Северная группа торфяников и болот распространена преимущественно в области слабо наклонной в сторону океана низменности, где распространялись морские трансгрессии среднего и позднего плейстоцена и определенную роль играли оледенения, надвигавшиеся на низменность с востока и запада [1, 2].

Средняя часть массива исследованных торфяников находится в пределах Сибирских Увалов, формирование которых восходит к палеогену. Это наиболее выраженная цепь всхолмлений широтной полосы, пролегающей через всю равнину в ее средней части.

Южная группа сосредоточена в системе главной Ханты-Мансийской депрессии, также пролегающей широтной полосой в тылу Сибирских Увалов, и она то же связана с тектоническими процессами в домезозойском фундаменте равнины. С конца палеогена — начала второй половины олигоцена депрессия становится областью накопления озерно-аллювиальных отложений.

Характерно, что во всех трех различных по происхождению областях состав отложений сходен.

### Образцы из буровых

Буровые скважины, заложенные в пределах болотно-торфяных систем и проходившие полностью торфяную залежь, как правило, вскрывали ниже пески или сильно опесчаненные отложения (рис. 3). При этом между торфом и подстилавшими их песками или супесями не отмечалось каких-либо признаков перерыва или несогласия. В кернах торф внизу постепенно сменялся слоем, состоящим из тонкодисперсных органических и минеральных частиц с обилием растительных остатков и постепенным сокращением их объема книзу, где начинала возрастать роль песчаной фракции. Далее прослеживался постепенный переход к слою, представленному в основном песчаными фракциями.

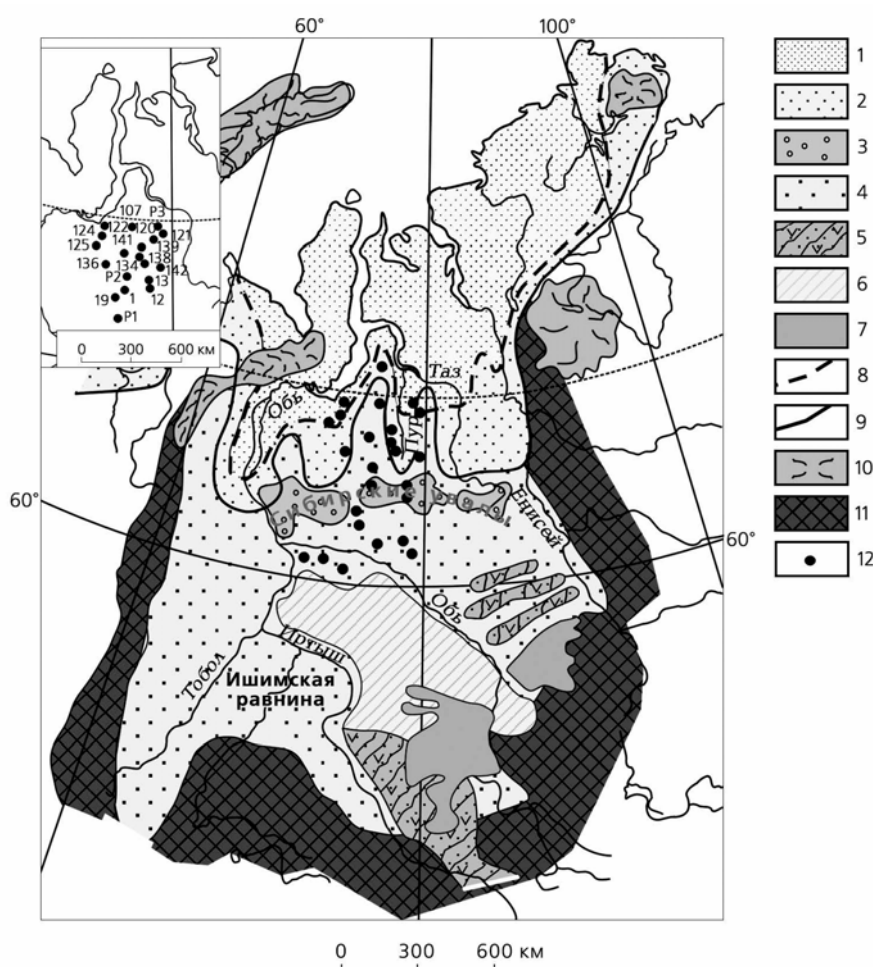


Рис. 2. Проявление эоловых процессов на территории Западной Сибири в позднем плейстоцене. 1 — области распространения перевеянных песков казанцевской трансгрессии; 2 — области распространения песков тобольской трансгрессии; 3 — эоловые песчаные и песчаноглинистые отложения в зоне Сибирских Увалов; 4 — песчаные и песчаноглинистые отложения озерно-аллювиальных равнин и депрессий, в верхней части переработанные эоловыми процессами; 5 — плоские и волнистые равнины с гривновым рельефом, переработанные эоловыми процессами; 6 — прерывистое и островное распространение лессов; 7 — лессы; 8 — граница распространения казанцевской трансгрессии; 9 — граница распространения тобольской трансгрессии; 10 — область распространения сартанского оледенения; 11 — горные сооружения и плоскогорья; 12 — места отбора образцов.

Такая последовательность свидетельствует о том, что после небольшого интервала начальной водной фазы торфообразованием оказались охвачены обширные пространства, сло-

женные на поверхности преимущественно опесчаненным материалом. С помощью данных радиоуглеродного анализа установлено, что начало торфообразования восходит к интервалу 10—11 тыс. лет некалиброванной радиоуглеродной шкалы.



*Рис. 3. Бурение скважины вблизи г. Когалым. Фото А. А. Величко*

Из подстилавших торф песчаных отложений отбирались образцы для проведения морфоскопического анализа [3]. В камеральных условиях отобранный материал отмывался на почвенных ситах и делился на две фракции: 1,0—2,0 мм и 0,5—1,0 мм, из которых произвольно отбирались 50 песчаных кварцевых зерен, и затем каждое зерно изучалось под бинокулярным микроскопом при увеличении в 16—50 раз. Далее проводилась оценка их окатанности и текстуры поверхности зерен (рис. 4, 5).

В районе северных морских равнин исследовались болотноторфяные системы, расположенные на междуречьях бассейнов рек Пура и Надыма. Судя по гипсометрическому положению, они приурочены как к областям распространения позднеплейстоценовой казанцевской, так и среднеплейстоценовых трансгрессий. Для анализа морфоскопии были отобраны образцы из двенадцати буровых скважин из отложений, подстилающих торфяноболотную толщу.

В первую, основную по численности группу входят образцы из торфяноболотных систем р. Пур, расположенных на междуречьях, имеющих абсолютную высоту ниже 80 м над ур. м. (скважины 107, 120, 121, 136, 138, 139, 141, 142).

Для этой группы характерна достаточно хорошая окатанность песчаных зерен. Преобладают зерна округлой или округло-эллипсоидальной формы. Высока и степень матовости зерен — они в основном матовые и полуматовые, глянцевых крайне мало, не более 10%. Поверхность большинства зерен несет следы достаточно активной эоловой деятельности. В результате точечных соударений в воздушной среде на них возникает микроямчатость, характерная не только для выпуклых участков зерен, но и впадин (ямки), оставшихся от прошлых эпох осадконакопления. Кроме того, на поверхности зерен отмечаются следы волочения (бороздки линейной формы) или морской абразии (серповидные бороздки).

На поверхности ряда зерен отмечаются свежие текстуры, такие как раковистые сколы или выбоины различной формы, образовавшиеся, по всей вероятности, в результате десквамации, которая произошла после основной фазы эоловой обработки.

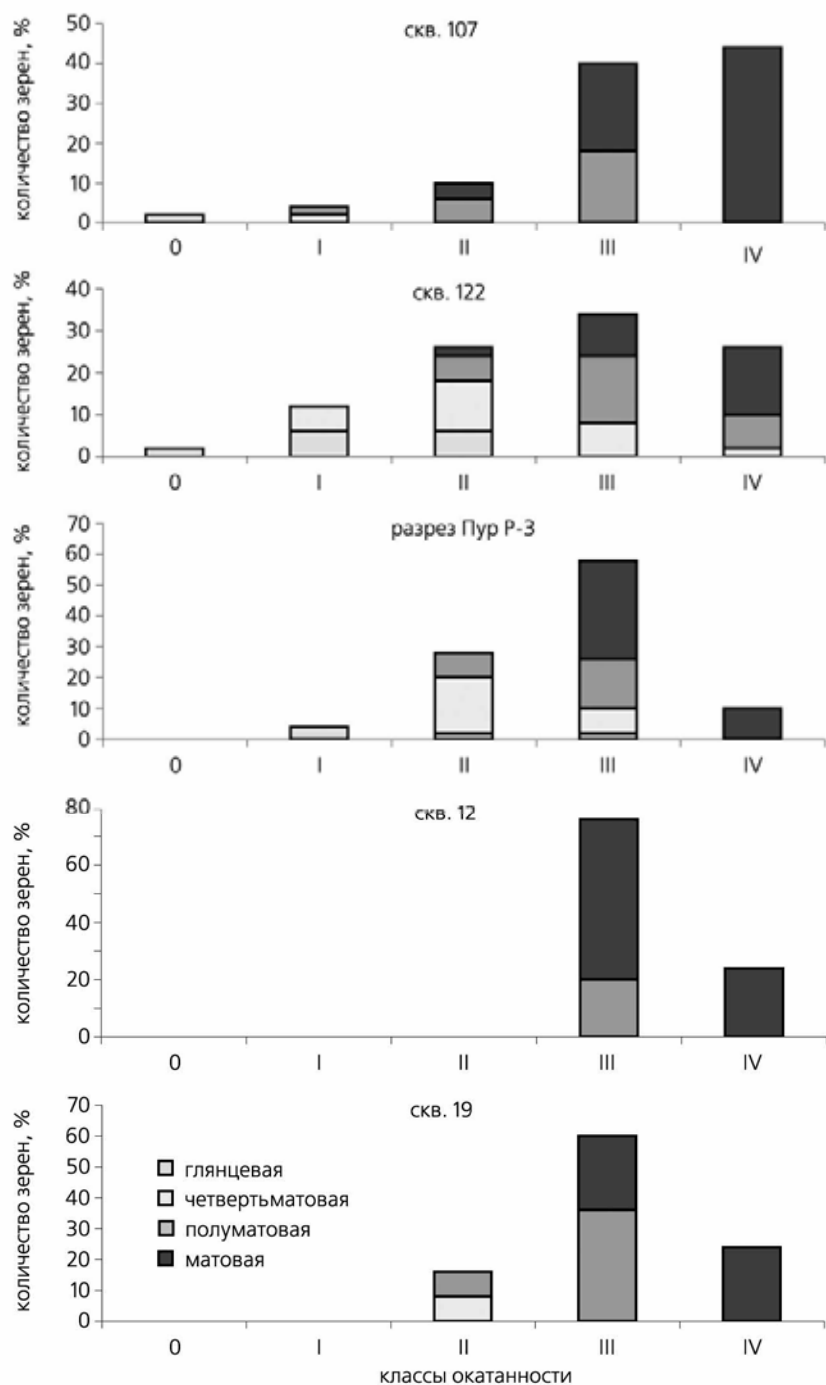


Рис. 4. Распределение песчаных кварцевых зерен (фракция 1. 0—2. 0 мм) по классам окатанности (I—IV) в скважинах.

В целом зерна этой группы следует отнести к субэвральным, прошедшим до достаточно активную эоловую обработку. В образцах не отмечены зерна ледникового или водноледникового комплексов.

Вторую группу составляют образцы из торфяно-болотных систем, расположенных на междуречьях в юго-западной части бассейна р. Надым, где абсолютные высоты достигают 90—100 м и более, что соответствует среднеплейстоценовым трансгрессиям (скважины 122, 124, 125). Зерна этой группы достаточно равномерно распределяются между всеми классами окатанности. Плохо окатанных зерен здесь до 20%, а во фракции 1. 0—2. 0 мм в скважине 125 еще больше — до 50%. Они в основном округлой или овальной формы. Часто на их поверхности отмечаются крупные депрессии различной формы, раковистые изломы, грубые сколы.

Коэффициент окатанности зерен несколько ниже, чем в первой группе, и не превышает 67%. Достаточно резко снижается и матовость зерен, значения которой колеблются от 35,5% до 49,5%. В целом зерна более «грубые», чем из первой группы. Много глянцевых и имеющих слабую эоловую обработку по граням.

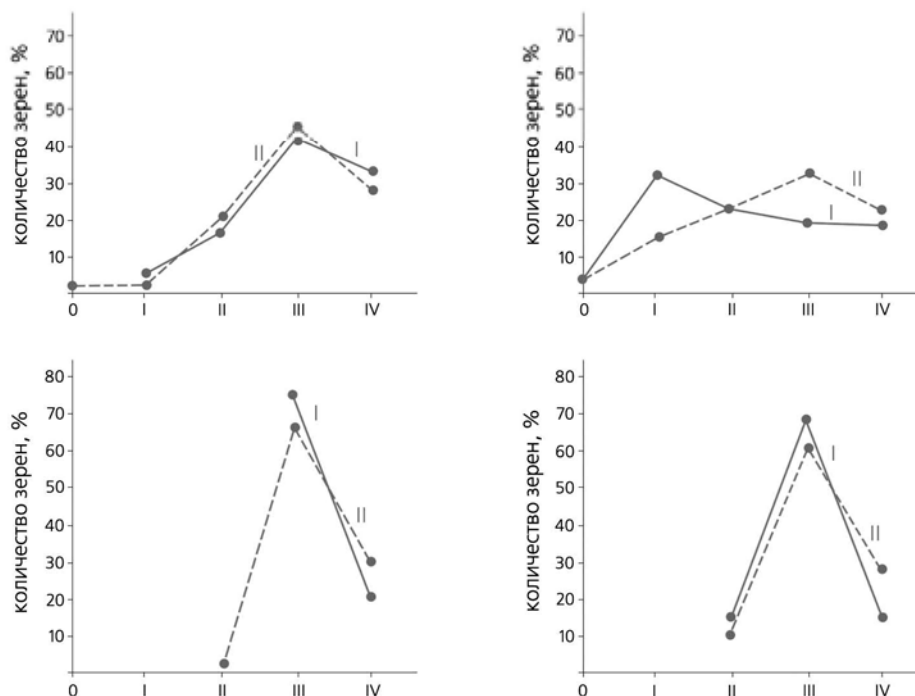


Рис. 5. Усредненное процентное распределение зерен (I — фракция 1,0—2,0, II — фракция 0,5—1,0) по классам окатанности (I—IV): а — бассейн Пура и Надыма (абс. высоты ниже 80 м над ур. м. — скважины 107, 120, 121, 136, 138, 139, 141, 142); б — бассейн Надыма (абс. высоты 90—100 м над ур. м. и более — скважины 122, 124, 125); в — район Сибирских Увалов (скважины 1, 12, 13, 15); г — район главной геоморфологической депрессии (скважина 1, P1).

Так же, как и в предыдущей группе, отмечаются зерна с мелкой серповидной бороздчатостью и с признаками внешней и внутренней раздробленности. Зерна в основном обработаны в воздушной среде, слабо или средне, т. е. их характер свидетельствует об субэрольных процессах, но эоловый фактор имел умеренное значение и первичный материал переработан в меньшей степени, чем в первой группе зерен.

Во время полевых маршрутов в рассматриваемом районе помимо образцов из скважин торфяно-болотных систем были встречены разрезы, вскрывающие толщу борта долин и дюнных массивов.

В правом борту долины р. Большая Хадырьяха был описан разрез Р-3 (в 15 км к востоку от долины Пура у Старого Уренгоя). Здесь анализировались образцы с глубин 1,9 м; 3,9 м; 5,6 м и 5,9 м. Зерна очень разнообразны по облику и характеру поверхности. В образцах присутствуют зерна со всеми типами поверхности — от глянцевой до матовой, но зерен с глянцевой поверхностью немного. На многих зернах видны серповидные бороздки — следы обработки в водной среде — и микроямки, возникшие в результате переноса в воздушной среде. По всей вероятности, эти отложения имеют водное происхождение (возможно, пляжные пески), впоследствии слегка переработанные эоловыми процессами. На уровне 5,9 м из разреза отобран образец из гравийного горизонта (толщина горизонта около 20 см). Хотя в образце и отмечены зерна различного облика, но все же преобладающими являются зерна со следами эоловой обработки. По всей вероятности, во время формирования этого прослоя эоловые процессы

были достаточно активными, и более мелкий материал выдувался за пределы территории, остался только крупный — много зерен размером более 2,0 мм.

На Сибирских Увалах были изучены образцы песков, залегающих в основании скважин 1, 12, 13, 15. Подавляющее большинство зерен из всех исследованных образцов отличаются очень хорошей окатанностью и высокой степенью матовости (рис. 6). В целом преобладают зерна, в которых сочетается округлая форма и хорошо выраженная эоловая обработка поверхности — микроямки. Судя по форме зерен и характеру их поверхности, они неоднократно подвергались обработке в процессе активного перемещения в воздушной среде, и не только в период их окончательного осадконакопления, но и в предыдущие этапы. Скорость ветра, при которой песчаный материал такой размерности отрывается от поверхности и вовлекается в воздушный поток, должна составлять более 10 м/с.

Кроме крупных ямок, видимо, унаследованных от предшествующих эпох, на поверхности зерен видны бороздки серповидной формы, по всей вероятности, оставшиеся от морского этапа формирования территории. Иногда встречаются зерна и со свежими текстурами на поверхности — небольшие ямки, раковистые сколы, внутренние трещины, связанные, по видимому, с проявлением морозного выветривания.

Однако облик песчаных зерен из образцов, взятых в карьере на окраине г. Ноябрьск, который по своему широтному положению также относится к полосе увалов, резко контрастирует с перечисленными выше свойствами. Здесь основная часть зерен характеризуется средней и низкой степенью окатанности. Преобладают зерна с глянцевой или слегка заматованной поверхностью. Сходная характеристика получена для песков с поверхности, отобранных к северу от Ноябрьска, в месте сбора галечника.

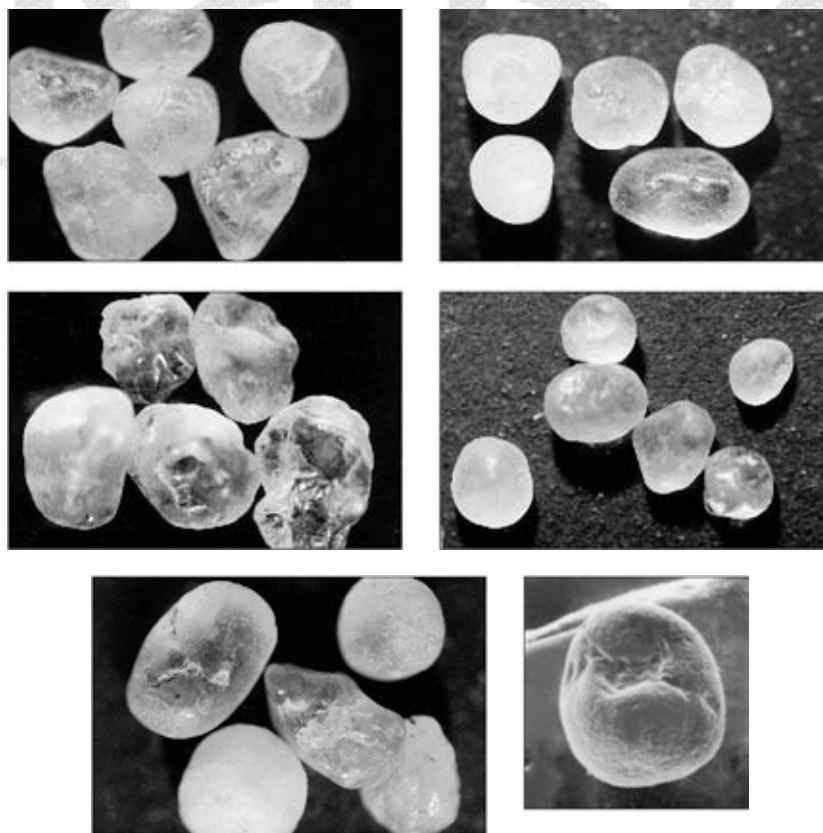


Рис. 6. Кварцевые зерна фракции 1,0—2,0 мм. Слева: из скважин 107 и 122 и из разреза Р-3; справа: из скважин 12 и 19, а также современное кварцевое зерно из Ливийской пустыни.

По своей морфологии зерна из данного песчаного карьера имеют наибольшее сходство с морфологическими характеристиками зерен из разрезов бассейнов рек среднего Пура (Р-3) и Надыма (похожи и их геоморфологические позиции).

Полученные морфологические характеристики, таким образом, свидетельствуют в пользу генетической общности данного участка с поверхностями, расположенными к северу от Сибирских Увалов, и подтверждают представления о том, что среднеплейстоценовая морская трансгрессия в виде заливов могла ингрессировать по пониженным участкам среди холмистых гряд Сибирских Увалов.

В главной геоморфологической депрессии с помощью скважины 19 исследованы пески, подстилающие торфяно-болотные отложения. Они отличаются очень хорошей окатанностью и высокой степенью матовости. Значения коэффициента окатанности — от 77% до 82%, и на их поверхности отчетливо видны следы активной эоловой обработки — микроямки, которыми покрыта почти вся поверхность зерен.

### **О чем рассказали песчаные зерна**

Морфоскопический анализ кварцевых зерен песка из слоев, непосредственно подстилающих торфяно-болотные отложения, во всех трех районах выявил стабильное содержание в них зерен, имеющих матовую поверхность, и среди них высокий процент зерен полностью матовых. При этом отмечается преобладание полностью матовой поверхности у зерен, приближающихся по своей форме к сферической. Такое сочетание свидетельствует о том, что на последнем этапе своей обработки зерна находились в субаэральных условиях, а ведущим фактором их формирования в то время был ветровой перенос. Об этом говорят мелкие точки на поверхности (микроямчатость), образующиеся, возможно, при их соударении, а также матовая поверхность.

Вместе с тем, в морфологии зерен трех районов намечается определенная дифференциация. Так, в северном районе наряду с зернами эолового типа имеется определенный процент зерен низких классов окатанности, слабо заматованных, а также глянцевых. Видимо, формирование песчаных толщ здесь происходило в условиях морских трансгрессий, когда большую роль играл привнос отложений, поступавших от ледников и айсбергов, выдвигавшихся с запада и востока. Об их характере свидетельствуют данные, полученные у г. Старый Уренгой в бассейне р. Пур и у г. Надым в бассейне р. Надым (рис. 7). В последнем разрезе заметно возрастает доля слабо обработанных зерен, что можно объяснить влиянием большего по размерам среднеплейстоценового ледникового покрова, выдвигавшегося далее в глубь территории с запада.

Существенно отлична от северного района морфология кварцевых песчаных зерен из скважин, заложенных в среднем районе на Сибирских Увалах (рис. 8). Здесь преобладают зерна высших классов окатанности с матовой поверхностью. В их микрорельефе присутствуют детали, возникающие под воздействием ветров скоростью больше 10 м/с. Высокая степень окатанности почти сферических зерен объясняется тем, что эоловой обработке подвергались песчаные толщи, формировавшиеся в течение всего мезозоя и до середины палеогена в значительной степени в морских условиях. В кайнозой же гряды средней части Сибирских Увалов находились в субаэральном, преимущественно денудационном режиме, в котором немалую роль играло и активное перевевание. Вероятно, и в плейстоцене эти процессы преобладали над ледниковыми, которые, правда, проявлялись в понижениях между грядами. По ним с севера проникали морские трансгрессии, а вместе с ними ледниковый гравийно-галечниковый материал.





*Рис. 7. Экспедиция 2001 г. обследует болота на правом берегу р. Пур. Фото А. А. Величко*



*Рис. 8. Сосна на дюне. Сибирские Увалы. Фото О. К. Борисовой*

К сожалению, представление о морфоскопии песка из южного района основано на ограниченном фактическом материале. Он показывает, что здесь на фоне преобладания матовых, хорошо окатанных зерен песка присутствуют зерна сред ней окатанности, незначительной матовости или глянцевые. По-видимому, здесь начиная с середины палеогена наиболее характерными были озерноаллювиальные процессы, чередовавшиеся с фазами существенной аридизации.

Таким образом, в морфологии кварцевых зерен нашли отражение различия в геологической истории отдельных районов. Однако это лишь фон, на котором отчетливо проявились главные общие черты формы и поверхности зерен, свидетельствующие о фазе активных эоло-

вых процессов на заключительном этапе своего формирования. Другими словами, изученные зерна сопоставимы с теми, которые формировались в пустынях.

Наши результаты дают основание полагать, что эоловые процессы были характерны и для северных районов Западной Сибири. Можно предполагать их активизацию не только в позднеледниковье, а начиная с 18—20 тыс. лет назад (максимума сарганского похолодания). Сейчас уже очевидно отсутствие в это время подпорного озерного бассейна и сплошного ледникового покрова на севере равнины. Ее открытые пространства простирались на 300—400 км далее в высокие широты за счет регрессии океана.

Высокой степени аридизации и росту эоловых процессов способствовало так же распространение в течение большей части года морских льдов не только в Северном Ледовитом океане, но и в Северной Атлантике, что приводило к существенному сокращению осадков, особенно в восточной (сибирской) части Евразии. С этим же явлением связано и усиление роли Восточно-Сибирского антициклона, который расширился в эпоху резкого позднеледникового глобального похолодания и максимального распространения области многолетней мерзлоты.

В создавшихся климатических условиях территория Западной Сибири оказывалась в зоне экстремальной аридизации, входившей в область многолетней мерзлоты. Пространства центра и севера Западной Сибири, с преимущественно песчаными отложениями, находились в обстановке, благоприятствовавшей развитию активных эоловых процессов, о чем свидетельствуют результаты морфоскопических исследований, приведенные в данной работе. Таким образом, в Западной Сибири в позднеледниковье существовала холодная пустыня. Об этом свидетельствует, в частности, сходство облика изученных зерен с кварцевыми зёрнами из современных пустынь [4]. Судя по палеоботаническим данным, часть ландшафтов, воз можно, носила полупустынный облик, а в долинах крупных рек могли сохраняться остатки древесной растительности. Поэтому под термином «холодная пустыня» следует понимать весьма сложное сочетание ландшафтных обстановок.

Радиоуглеродные определения, полученные в районах исследований, свидетельствуют о том, что рассматриваемая фаза эолового процесса заканчивается 11—10 тыс. лет назад (в некалиброванной хронологической шкале), т. е. отвечает холодному интервалу Дриас-3, непосредственно предшествующему голоцену, когда начался процесс болотообразования (по некоторым данным, 10,5—8 тыс. лет назад).

Иными словами, происходило как бы чрезвычайно быстрое «переключение» в ландшафтной системе из одного экстремального состояния (криоаридное опустынивание) в другое, противоположное первому (активное заболачивание). Причину такой резкой смены, по нашему мнению, следует искать в деградации морских льдов Северной Атлантики и западной части морей Полярного бассейна. В условиях начавшегося потепления морские льды, обладающие минимальной инерционностью в колебаниях сезонных границ, отступили к северу, и тем самым создались благоприятные условия для поступления атмосферных осадков во внутренние районы умеренно-арктического пояса континента Евразии. Наличие глубоких депрессий в центре Западной Сибири, слабые уклоны рельефа, плоские пространства, препятствовавшие дренажу на севере Сибири, способствовали процессам заболачивания. В результате на месте криоаридных пустынь и полупустынь возникли самые обширные в мире заболоченные системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Волкова В. С., Кулькова И. А. Палеоген и неоген. Гл. 4. Западная Сибирь // *Изменение климата и ландшафтов за последние 65 миллионов лет (кайнозой: от палеоцена до голоцена)* / Отв. ред. А. А. Величко. М., 1999. С. 85—94.
- 2 Архипов С. А., Зольников И. Д., Зыкина В. С., Круковер А. А. Эоплейстоцен и плейстоцен. Гл. 4: Западная Сибирь // *Изменение климата и ландшафтов за последние 65 миллионов лет (кайнозой: от палеоцена до голоцена)* / Отв. ред. А. А. Величко. М., 1999. С. 94—105.

- 3 Величко А. А., Тимирева С. Н. Морфоскопия и морфометрия песчаных кварцевых зерен из лессов и погребенных почв // Пути эволюционной географии (итоги и перспективы) / Отв. ред. И. И. Спасская. М., 2002. С. 170—185.
- 4 Krinsley D. H., Doornkamp J. C. Atlas of quartz sand surface textures. Cambridge, 1973.

