

## ПОВЕДЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ТЯЖЕЛОЙ ФРАКЦИИ В УСЛОВИЯХ ЭОЛОВОГО ПЕРЕНОСА

**Н.И. Акулов, Б.П. Агафонов**

*Институт земной коры, СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия*

Приведены результаты исследования эоловых отложений на побережье озера Байкал. Установлено, что 1) эоловые пески отчетливо разделяются на две толщи: хужирскую (позднеплейстоценовую) и песчаную (голоценовую); 2) обогащение песков ильменитом связано с выносом песчаных зерен (с преобладанием минералов легкой фракции) сильными ветрами в глубь побережья, вначале из осушенной зоны пляжа, а затем из зон транзита псаммитового материала. Вследствие этого происходит концентрация ильменита и других минералов тяжелой фракции в первую очередь в зоне пляжа, а затем на суше в зонах преимущественного транзита эоловых песков. Аккумулятивно-транзитные зоны наиболее обогащены минералами тяжелой фракции, в том числе и ильменитом; 3) содержание ильменита на площади исследуемого россыпного месторождения титановых руд имеет высокую корреляционную связь ( $R = 0.89$ ) с общим содержанием минералов тяжелой фракции.

*Эоловые пески, тяжелая фракция, ильменит, формирование, озеро Байкал.*

### THE BEHAVIOR OF HEAVY MINERALS IN LITHOSTREAM

**N.I. Akulov and B.P. Agafonov**

Results of study of eolian deposits on the Baikal shore are presented. It has been established that: (1) the eolian sands are distinctly divided into two strata: Khuzhir (Late Pleistocene) and Peschanka (Holocene); (2) the ilmenite enrichment of the sands is due to the removal of sand grains (containing mainly light minerals) by strong winds up the shore, first, from a dewatered beach zone, and then, from zones of psammitic-material transition. This leads to the concentration of ilmenite and other heavy minerals, first, within the beach zone, and then, within the zones of prevailing eolian-sand transition. The accumulation-transition zones are most enriched in heavy minerals, including ilmenite; (3) the ilmenite content in the study Ti-ore placer deposit shows a high correlation ( $R = 0.89$ ) with the total content of heavy minerals.

*Eolian sands, heavy fraction, ilmenite, formation, Lake Baikal*

---

### ВВЕДЕНИЕ

Формирование россыпей полезных ископаемых обычно связывается с накоплением минералов тяжелой фракции в высокодинамичной водной среде и значительно реже с физическим разрушением горных пород и концентрацией рудных минералов в процессе дефляции [Билибин, 1956; Шило, 2002]. Однако, как показывают наши исследования, проведенные на оз. Байкал, концентрация минералов тяжелой фракции при определенных благоприятных условиях происходит и в процессе эоловой транспортировки псаммитового материала. К этому же выводу пришли З.С. Никифорова с коллегами при изучении золотоносных россыпей [Никифорова и др., 2005].

Обширные поля четвертичных эоловых песков распространены на о. Ольхон на Байкале (рис. 1). Их контуры подобны очертанию пламени гигантских костров, очаги которых расположены в зонах заливов. Они охватывают площади, прилегающие к зонам заливов, вдоль всего восточного побережья о. Ольхон, но наиболее отчетливо проявились в заливах Сарайский и Нюрганская Губа, где и происходило их детальное изучение. Нами установлены два возрастных типа эоловых толщ. К первому, наиболее древнему типу, относятся средне- и позднеплейстоценовые эоловые отложения хужирской толщи, а ко второму — голоценовые и современные развеиваемые пески песчаной толщи.

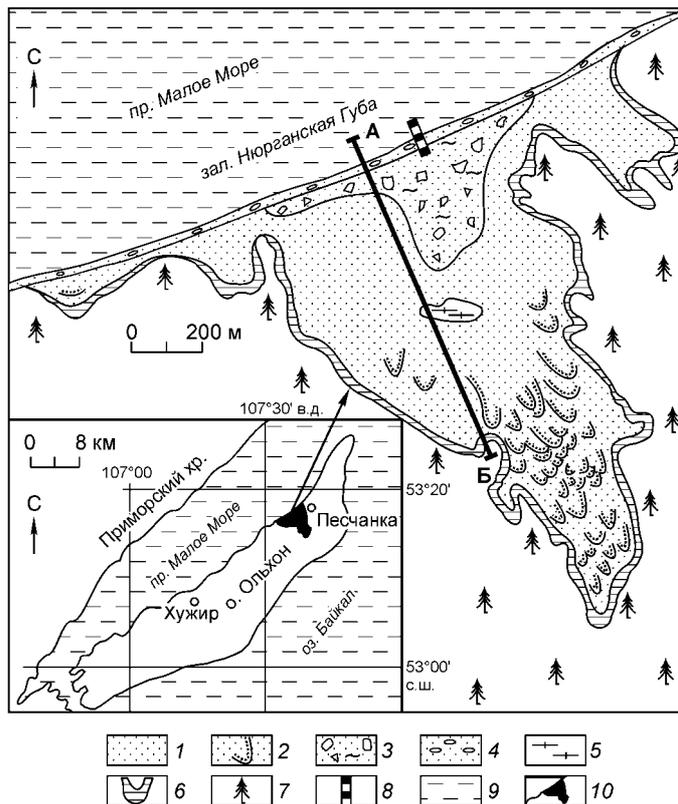
Песчаные отложения формировались путем выноса штормовыми ветрами песка из высушенной зоны пляжа древних или современных заливов крупных водоемов в аридных климатических условиях [Агафонов, 2002; Акулов и др., 2005]. Вполне возможно, что одним из источников псаммитового материала, поступающего в Байкал, являются эндогенные кластиты — продукты глубокого тектонометасоматического преобразования гранитоидов в активизированных зонах Байкальской рифтовой системы [Сизых и др., 2005].

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе документации различных горных выработок (расчисток и шурфов), пройденных по песчаным полям перпендикулярно береговой линии заливов, производился отбор проб весом около 200 г.

**Рис. 1. Схема расположения „очага“ золовых песков на побережье залива Нюрганская Губа на о. Ольхон.**

1 — современные развеиваемые пески с наличием золы, 2 — дюны, 3 — щебнисто-глинисто-песчаные отложения нюрганской свиты, 4 — галечно-песчаные отложения зоны пляжа, 5 — кварциты, 6 — песчаный вал, 7 — тайга, 8 — корабельный пирс, 9 — акватория оз. Байкал, 10 — район развития золотого песчаного потока на побережье пролива Малое море (залив Нюрганская Губа).



При лабораторных исследованиях собранных проб (гранулометрический и минералогический анализы) методом квартования отбирались навески по 30 г. Гранулометрический состав песков определялся после отмытки путем отсева на ситах на фракции >1.0; 1.0—0.5; 0.5—0.25; 0.25—0.1 и 0.1—0.05 мм. Минералы легкой и тяжелой фракций, разделенные с помощью бромформа с удельным весом 2.82, изучались в иммерсионных препаратах. Процентное содержание минералов рассчитывалось по методике полного количественного анализа всей совокупности минералов в легкой или тяжелой фракциях. В общей сложности было проанализировано 46 образцов. Все виды анализов выполнены в лаборатории литогенеза и стратиграфии Института земной коры СО РАН (гранулометрический, аналитик С.П. Сумкина, минералогический — Т.И. Храмова).

### ЗОЛОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ОСТРОВА ОЛЬХОН

**Пески хужирской толщи** имеют светло-серый цвет, а местами неясно выраженную слоистость, содержат включения и прослои древесной золы. В данных песках нами [Агафонов, Акулов, 2004] обнаружены (стоянка Сарайская-III) фрагменты керамики и каменных орудий труда первобытного человека раннего неолита (предварительное заключение археологов Г.И. Медведева и А.А. Тютрина, ИГУ). Пески залегают в виде дюн и валов, которые повсеместно покрыты лесной растительностью. Отдельные фрагменты древних золовых валов резко возвышаются над уровнем Байкала до 50 м. Мощность песков превышает 7 м.

Согласно проведенному гранулометрическому анализу, в основании и кровле разреза хужирской толщи залегают мелкозернистые пески (господство фракции 0.25—0.1 мм), а в средней части разреза — среднезернистые (фракция 0.5—0.25 мм доминирует). По результатам минералогического анализа легкой фракции они относятся к олигомиктовым кварц-плагиоклазовым пескам, а в составе тяжелой фракции насчитывается до 18 разновидностей минералов (магнетит, ильменит, гранаты, циркон, сфен, рутил, лейкоксен, группа амфиболов, группа пироксенов, группа эпидота, турмалин, дистен, ставролит, силлиманит, гематит, апатит, пирит и гетит). Наиболее представительными в количественном отношении (>1 %) являются только семь минералов: ильменит, гранаты, сфен, группа амфиболов, группа пироксенов, группа эпидота и хлоритоид. Минералы групп амфиболов и пироксенов занимают доминирующее положение, достигая в сумме около 70 % всей фракции, образуя амфибол-пироксеновую ассоциацию. При этом содержание ильменита не превышает 15 %.

Следует отметить, что золовые пески хужирской толщи почти повсеместно залегают на добайкальских озерных отложениях, представленных плиоценовыми глинами или нижнеплейстоценовыми делювиально-пролювиальными образованиями нюрганской свиты. Вопрос об их возрасте на восточном побережье Байкала (район мыса Песчаные Бугры) рассматривался В.Д. Мацем [1973]. По данным радиоуглеродных датировок, полученным им согласно результатам анализа погребенных слоев древесного угля, сохранившегося после пожаров, их возраст около  $8767 \pm 384$  лет. Вследствие того, что анализируемые прослойки залегают в 3.5 м выше подошвы описываемых песков, он считает, что их формирование началось около 10 тыс. лет тому назад. Сделанные нами находки фрагментов керамики и каменных

орудий труда первобытного человека раннего неолита свидетельствуют, что это происходило в среднем и позднем плейстоцене.

По всей видимости, прекращение древних эоловых процессов связано со временем постепенного климатического изменения в раннем голоцене, при котором произошло увеличение влажности, что и привело к интенсивному развитию растительности.

Возобновление эоловых процессов и аккумуляция эоловых песков песчаной толщи началось в голоцене, о чем свидетельствуют погребенные культурные слои древнего человека и позднего голоценовая фауна [Логачев и др., 1964]. Вероятно, это было связано с похолоданием и аридизацией климата.

**Песчаная толща** представлена белесыми светло-серыми песками. Они постоянно развеиваются штормовыми ветрами и переносятся из пониженных частей зон заливов на возвышенные участки в глубь острова. Эти пески полностью лишены слоистости, массивны и обладают олигомиктовым кварц-полевошпатовым составом. При этом количество кварца достигает 84 %. Их мощность непостоянна и изменяется от первых сантиметров (вблизи прибрежной зоны) до первых десятков метров (эоловый вал, оконтуривающая поля песков). На внутреннем поле эоловых песков расположены многочисленные коридоры продува, эоловые останцы и обширные выровненные песчаные поля со знаками эоловой ряби. Расстояние между валиками эоловой ряби изменяется от 3 до 8 см при их высоте до 2 см.

По результатам гранулометрического анализа песков из песчаной толщи, они относительно хорошо отсортированные и преимущественно среднезернистые. Количество среднезернистой фракции (0.5—0.25 мм) достигает 82 %, а оставшаяся часть зерен принадлежит мелкозернистой (0.25—0.10 мм) и в меньшем количестве (до 7 %) — крупнозернистой (1.0—0.5 мм) фракциям. Почти полное отсутствие в составе эоловых отложений на Байкале тонкозернистых, алевритистых и пелитовых фракций объясняется тем, что они были вымыты еще в акватории озера и снесены на большие глубины, где из них сформированы алевритовые и пелитовые отложения, мощные толщи которых зафиксированы в процессе бурения глубоких скважин в акватории оз. Байкал [Кашик, Мазилев, 1997].

Видовой состав минералов тяжелой фракции в песках данной толщи почти аналогичен таковым в хужирской толще, за исключением апатита и марказита, которые появляются в этих отложениях. Это и не удивительно, потому что провинция питания у них одна — пролив Малое Море. Изменился только количественный состав минералов. Доминирующее положение заняли гранаты (до 35 %), ильменит (до 25 %) и пироксены (до 23 %), образуя пироксен-ильменит-гранатовую ассоциацию. Большинство зерен минералов тяжелой фракции обладает шероховатой поверхностью, а зерна кварца — матовым покрытием вследствие их механического соударения и царапанья. В целом окатанность песков данной толщи незначительная (первый и второй балл округленности по шкале Л.Б. Рухина [1969, с. 523]).

#### ПОВЕДЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ТЯЖЕЛОЙ ФРАКЦИИ В ЭОЛОВОМ ЛИТОПОТОКЕ

При проведении геологической съемки масштаба 1:200 000 на территории о. Ольхон, в шельфовой и прибрежной зонах залива Нюрганская Губа, была выявлена протяженная (около 1.5 км) ильменитовая россыпь, которая отвечает требованиям, предъявляемым к бедным россыпным титановым месторождениям. Проведенные здесь геолого-поисковые работы Ольхонской экспедицией позволили выявить, что содержание ильменита в прибрежно-озерной россыпи в среднем около 82 кг/м<sup>3</sup>.

Выполненные нами контрольные минералогические анализы песков, отобранных из зоны отмели (в 3 м от береговой линии) залива Нюрганская Губа, показали, что они содержат до 41.8 % ильменита (от всего количества минералов тяжелой фракции в пробе). Высокое содержание ильменита (до 81.3 кг/т) выявлено и в песках зоны пляжа данного залива. В то же время минералогический анализ песчаного материала из верхней части донных отложений шельфовой зоны (50 м от береговой линии) данного залива показал незначительное (13.6 кг/т) содержание ильменита. Оставался нерешенным вопрос о содержании ильменита в песках, выносимых ветрами из зоны пляжа исследуемого залива в глубь острова. В связи с этим основная задача наших исследований заключалась в выявлении закономерностей поведения минералов тяжелой фракции в эоловом литопотоке на примере ильменита и других минералов тяжелой фракции. Выбор ильменита в качестве основного минерала-индикатора не случаен и обусловлен нашим стремлением попытаться выявить: возможно ли нарастить запасы прибрежно-озерного месторождения россыпных титановых руд за счет прилежащих к заливу относительно мощных отложений эоловых песков.

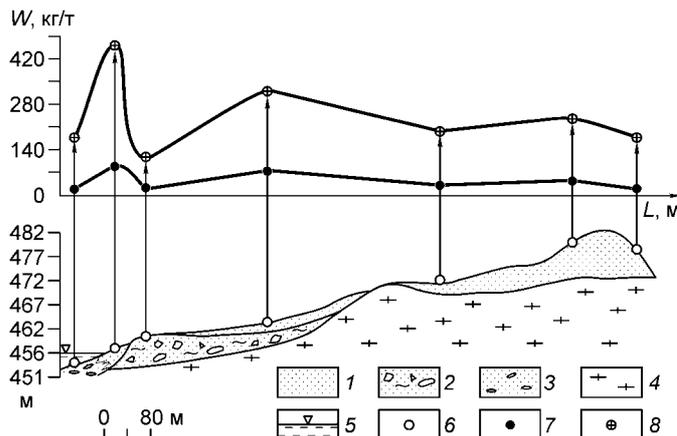
Для выявления закономерностей поведения ильменита в процессе эоловой транспортировки, по каждой исследованной пробе, отобранной по профилям, рассчитывался коэффициент ильменитонности ( $K_i$ ), который равен отношению содержания ильменита в ней ( $C_i$ ) к общему содержанию минералов тяжелой фракции ( $C_f$ ), выявленному в данной пробе, выраженному в процентах.

$$K_i = \frac{C_i}{C_f} \cdot 100 \%$$

Проведенное детальное опробование песков по поверхности профиля современного эолового литопотока позволило установить, что наибольшее количество ильменита (до 73.4 кг/т) приурочено к про-

**Рис. 2. Геологический разрез по линии А—В (см. рис. 1), пространственно совмещенный с графиками распределения содержания в поверхностном слое песков ильменита и всей совокупности минералов тяжелой фракции.**

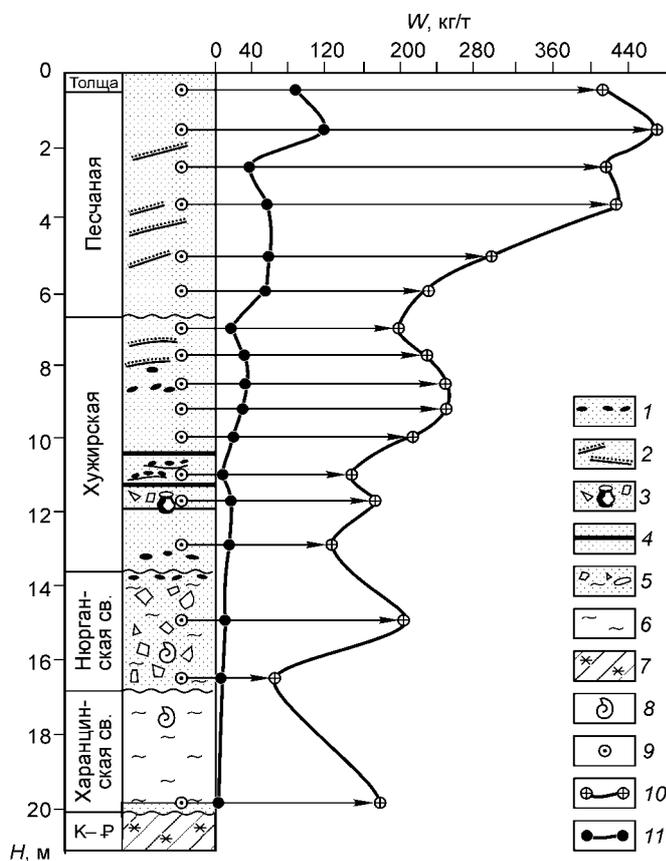
1 — пески, 2 — щебнисто-глинисто-песчаные отложения, 3 — пески, содержащие галечник и гравий, 4 — кварциты, 5 — уровень водной поверхности оз. Байкал, 6 — места отбора проб, 7 — ильменит, 8 — минералы тяжелой фракции.



межучастным при эоловой транспортировке песка аккумулятивно-транзитным зонам. Под этими зонами нами понимаются участки земной поверхности с интенсивным транзитом большого объема эолового материала и частичным его осаждением. Это промежуточные пункты при транспортировке эолового литопотока. Они формируются за счет снижения силы ветровых порывов, направленных с северо-западной стороны озера в глубь острова. При встрече холодных воздушных масс, дующих над акваторией оз. Байкал, с теплыми воздушными слоями, расположенными над континентальной (островной) поверхностью, происходит перераспределение (трансформация) воздушных масс, и наиболее плохо транспортируемые в эоловом литопотоке песчаные зерна при этом осаждаются. Обычно это перераспределение совершается на расстоянии от 200 до 500 м от береговой линии. В этих местах содержание минералов тяжелой фракции достигает 320 кг/т, а коэффициент ильменитонности равен 22.9 %.

Плохо транспортируемые в эоловом литопотоке песчаные зерна всегда окатаны (2-, 3-й балл округленности), имеют изометричную форму зерен и относительно большой удельный вес (более 2.3), а их размер колеблется от 0.25 до 0.1 мм. Минеральные зерна песка и пыли (алеврита), которые легко перемещаются в эоловом литопотоке (неокатанная пластинчатая форма зерен, небольшой удельный вес минеральных зерен и относительно большой их размер — до 2 мм), обычно подхватываются свежими порывами холодного ветра и уносятся в даль от побережья. Аккумулятивно-транзитные зоны всегда расположены между пляжем и конечным пунктом аккумуляции эолового материала, который представляют песчаный вал или краевые дюны (рис. 2).

Шурфом вскрыт разрез песков в аккумулятивно-транзитной зоне залива Нюрганская Губа. Здесь на нижнелейстоценовых делювиально-пролювиальных отложениях нюрганской свиты залегает пачка эоловых песков *песчаной толщи*, мощность которых 2.3 м. По данным минералогических анализов установлено, что вся песчаная пачка содержит большое количество ильменита, которое изменяется от 43 до 110 кг/т (рис. 3). При этом коэффициент ильменитонности изменяется от 15.3 до 25.4 %. Такие концентрации ильменита могли возникнуть



**Рис. 3. Литолого-стратиграфический разрез песчаной и хужирской толщ и подстилающих их свит на о. Ольхон (Сарайский залив), пространственно (в разрезе) совмещенный с графиками распределения содержания ильменита и всей совокупности минералов тяжелой фракции.**

1 — пески с включениями древесной золы, 2 — пески с неявно выраженной слоистостью, 3 — пески, содержащие следы пребывания первобытного человека (стоянка Сарайская-III), 4 — пески, вмещающие тонкие прослои древесной золы, 5 — щебнисто-глинисто-песчаные отложения, 6 — „шоколадные“ глины, 7 — кора химического выветривания, 8 — фауна, 9 — место отбора проб, 10 — минералы тяжелой фракции, 11 — ильменит.

только при эоловом выносе огромного количества песка из прибрежной зоны в аккумулятивно-транзитную зону, как в „перевалочную базу“, а затем в зону песчаного вала. Гранулометрический анализ песков из зон транзита показал, что ильменит в них сосредоточен во фракции 0.25—0.1 мм. Почти к аналогичной гранулометрической фракции (0.3—0.15 мм) приурочено эоловое золото на Лено-Вилуйском междуречье востока Сибирской платформы [Никифорова и др., 2005]. Таким образом, в аккумулятивно-транзитных зонах происходит постепенная избирательная аккумуляция песчаных зерен различных минералов как по размеру зерен и форме, так и по их удельному весу, что и обусловило аккумуляцию преимущественно мелкозернистого псаммитового материала с высоким содержанием ильменита.

В то же время содержание ильменита в составе эоловых песков периферии песчаного поля (район эолового вала) весьма низкое и не превышает 8.3 кг/т. Расчет содержания всей совокупности минералов тяжелой фракции в этих краевых частях песчаных полей песков, расположенных вдали от водоема, позволил установить, что их количество не превышает 135 кг/т.

В разрезе более древней эоловой толщи — хужирской — содержание ильменита в основании толщи не превышает 9.8 кг/т, а в кровле — 28.9 кг/т. Отмечено, что суммарное содержание минералов тяжелой фракции значительно возрастает снизу вверх по разрезу обеих толщ (от 126 до 248 кг/т — в песках хужирской толщи и от 230 до 460 кг/т — в песчаной). Е.Р. Форсом и Ф.Д. Ричем [Force, Rich, 1989] также отмечено увеличение содержания ильменита в перевеиваемых песках россыпи Трейл-Ридж на Атлантическом побережье США. По данным Н.Г. Патык-Кары с соавторами [2001], ильменитовые концентраты верхних частей древних титаноциркониевых россыпей, подвергающиеся перевеиванию и выветриванию, почти всюду заметно обогащены  $TiO_2$  по сравнению с подстилающими слоями. Для сравнения следует указать, что в подстилающих прослоях и линзах субаквальных песков харанцинской свиты, залегающих в этом же разрезе на мел-палеогеновой коре выветривания, содержание ильменита не превышает 3.8 кг/т, при этом суммарный вес минералов тяжелой фракции достигает 187 кг/т, а коэффициент ильменитоносности — 2 %. Немного больше ильменита в делювиально-пролювиальных песчано-щебнистых отложениях нюрганской свиты — 5.4 кг/т, а суммарное содержание минералов тяжелой фракции в них колеблется от 69 до 199 кг/т. Коэффициент ильменитоносности варьирует в пределах от 7.8 до 8.9 %.

Следует подчеркнуть, что коэффициент ильменитоносности в песках прибрежно-озерной зоны, выявленный в процессе геологической съемки россыпного титанового месторождения, не превышает 15.3 %. Таким образом, запасы данного месторождения могут быть увеличены за счет включения в его состав аккумулятивно-транзитных зон эоловых отложений.

Проведенные расчеты всего объема современных эоловых отложений на побережье залива Нюрганская Губа свидетельствуют, что количество транспортируемого ветрами песчаного материала через аккумулятивно-транзитную зону в континентальную часть в течение голоцена достигает 3 млн  $m^3$ .

Важно отметить, что в процессе эоловой транспортировки песка в глубь острова происходит уменьшение видового количества минералов тяжелой фракции. Полностью исчезают такие минералы, как лейкоксен, анатаз, циркон и хлоритид. Так, если в зоне транзита эолового материала количество каждого из них достигает 0.2 % от объема тяжелой фракции, а на подступах к эоловому валу в пробах содержатся лишь их знаки, то на окраинах песчаных полей данные минералы вообще не обнаружены. Вместе с тем содержание минералов групп амфиболов и пироксенов, а также гранатов в песках из краевых частей эоловых полей почти уравнивается, достигая 28.0, 28.6 и 25.6 % соответственно, в то время как в аккумулятивно-транзитных зонах их содержание достигает 23.0, 31.6 и 13.6 % тяжелой фракции.

Завершая анализ распределения ильменита и других минералов тяжелой фракции в эоловых песчаных потоках, следует отметить, что содержание ильменита на площади исследуемого россыпного месторождения титановых руд имеет высокую корреляционную связь ( $R = 0.89$ ) с общим количеством минералов тяжелой фракции. Коренных источников ильменита на о. Ольхон пока не выявлено. Выполненный химический анализ самых распространенных пород в исследуемом районе показал следующие содержания оксидов титана (%): гнейсы — 0.74; пегматиты — 0.51; каолиновые коры выветривания — 0.57; глины — 0.99. Актуальность проведения в дальнейшем подобных исследований подчеркивается тем, что минерально-сырьевая база России не обеспечивает потребности промышленности титановыми рудами [Артюхов, 2003].

## ВЫВОДЫ

Подводя итог проведенным исследованиям, необходимо отметить, что 1) изученные эоловые пески отчетливо разделяются на две толщи: хужирскую и песчаную; 2) обогащение песков ильменитом связано с выносом песчаных зерен (с преобладанием минералов легкой фракции) сильными ветрами в глубь острова, вначале из осушенной зоны пляжа, а затем из аккумулятивно-транзитных зон. Вследствие этого происходит концентрация ильменита и других минералов тяжелой фракции в первую очередь в зоне пляжа, а затем в аккумулятивно-транзитных зонах; 3) выявлена высокая корреляционная зависимость

между содержанием ильменита и общим содержанием минералов тяжелой фракции; 4) золотые пески аккумулятивно-транзитных зон представляют существенный интерес при наращивании запасов россыпного прибрежно-озерного месторождения титановых руд.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 05-05-64103).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Агафонов Б.П.** Ветровой литопоток из озера Байкал // Докл. РАН, 2002, т. 382, № 5, с. 688—691.
- Агафонов Б.П., Акулов Н.И.** Погребение стоянок первобытного человека на берегах крупных водоемов восходящими литопотоками // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту), Т. 1. Иркутск, Изд-во Института географии СО РАН, 2004, с. 8—11.
- Акулов Н.И., Агафонов Б.П., Ломоносова Т.К., Вологина Е.Г.** Вещественный состав современных песчаных отложений Байкала // Литология и полезные ископаемые, 2005, № 2, с. 133—142.
- Артюхов В.Г.** Доклад на V всероссийском съезде геологов 27 ноября 2003 г. // Природные ресурсы: Вестник недропользователя Пермской области, 2003, № 3, с. 4—23.
- Билибин Ю.А.** Основы геологии россыпей. М., Изд-во АН СССР, 1956, 471 с.
- Кашик С.А., Мазиллов В.Н.** Литология четвертичных отложений в разрезе глубокой скважины в акватории озера Байкал // Литология и полезные ископаемые, 1997, № 5, с. 484—491.
- Логачев Н.А., Ломоносова Т.К., Климанова В.М.** Кайнозойские отложения Иркутского амфитеатра. М., Наука, 1964, 194 с.
- Мац В.Д.** О возрасте золотых песков в береговой полосе озера Байкал // Геологические и гидрологические исследования озер Средней Сибири. Лиственничное на Байкале, 1973, с. 51—53.
- Никифорова З.С., Филиппов В.Е., Герасимов Б.Б.** Влияние золотых процессов на образование золотоносных россыпей в различные эпохи развития Земли // Геология и геофизика, 2005, т. 46 (5), с. 517—528.
- Патык-Кара Н.Г., Гореликова Н.В., Бардеева Е.Г., Шевелев А.Г.** Минералогия россыпей: современные подходы и решения // Литология и полезные ископаемые, 2001, № 5, с. 451—465.
- Рухин Л.Б.** Основы литологии. Л., Недра, 1969, 703 с.
- Сизых В.И., Тайсаев Т.Т., Лобанов М.П.** Новые представления о генезисе четвертичных песчаных толщ Байкальской рифтовой системы // Докл. РАН, 2005, т. 400, № 2, с. 219—223.
- Шило Н.А.** Учение о россыпях. Владивосток, Дальнаука, 2002, 575 с.
- Force E.R., Rich F.J.** Geological Evolution of Trail Ridge eolian heavy mineral sand and underlying peat, Northern Florida // U.S. Geological Survey, Professional Paper 1499, 1989, 16 p.

*Рекомендована к печати 10 мая 2006 г.  
Н.В. Соболевым*

*Поступила в редакцию  
20 декабря 2005 г.*