

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.

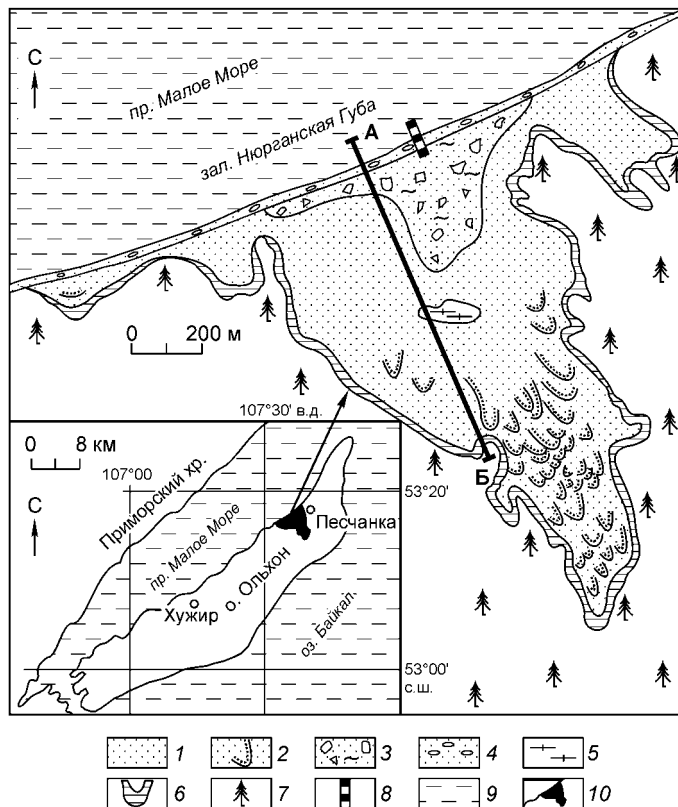
Песчаные отложения формировались путем выноса штормовыми ветрами песка из высушенной зоны пляжа древних или современных заливов крупных водоемов в аридных климатических условиях [Агафонов, 2002; Акулов и др., 2005]. Вполне возможно, что одним из источников псаммитового материала, поступающего в Байкал, 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 ± 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/м³.

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.

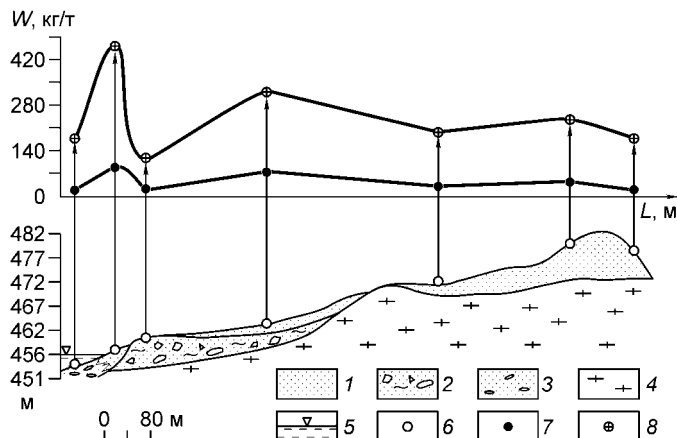
Для выявления закономерностей поведения ильменита в процессе эоловой транспортировки, по каждой исследованной пробе, отобранной по профилям, рассчитывался коэффициент ильменитонности (K_i), который равен отношению содержания ильменита в ней (C_i) к общему содержанию минералов тяжелой фракции (C_f), выявленному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

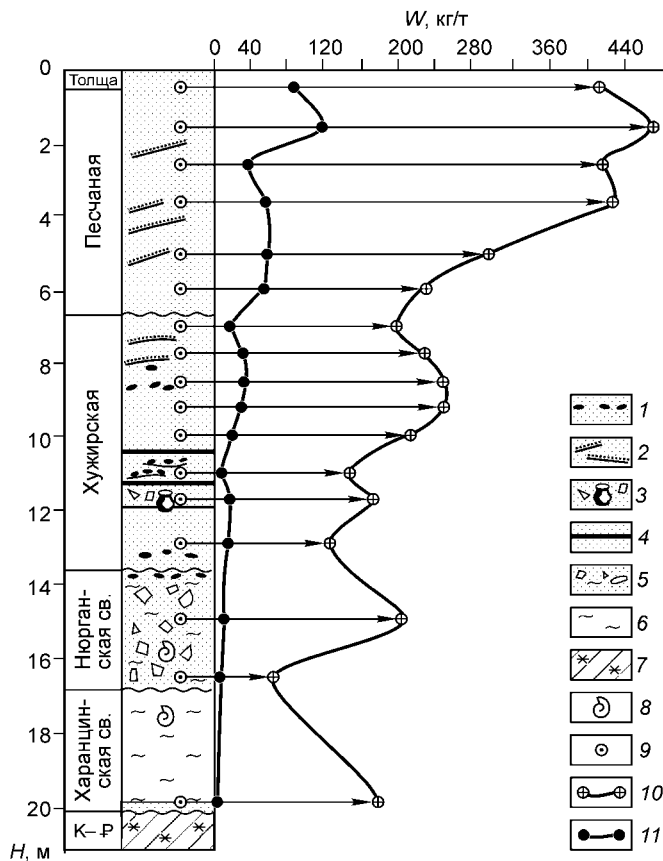


Рис. 3. Литолого-стратиграфический разрез песчаной и хужирской толщ и подстилающих их свит на о. Ольхон (Сарайский залив), пространственно (в разрезе) совмещенный с графиками распределения содержания ильменита и всей совокупности минералов тяжелой фракции.

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.*