

По числу Лохтина можно сделать заключение о близости конечного водоёма (уменьшение Λ), которое определяется уравнением (формула В. М. Маккавеева):

$$\Lambda = d_{\text{рф}}/HI, \quad (31)$$

где $d_{\text{рф}}$ измеряется в мм, глубина потока H – в м, продольный уклон I – в м/км.

Ещё одним критерием типизации рек выступает число Фруда

$$Fr = \beta^2, \quad (32)$$

благодаря которому распознаются характер течения, наличие тех или иных русловых форм, типы речных русел (равнинное $Fr < 0,1$, полугорное $0,1 < Fr < 0,3$, горное $Fr > 0,3$) и подтипы, что особенно значимо при фациальном анализе, а с привлечением значений продольных уклонов, определяется площадь водосбора.

Библиографические ссылки

1. Боровко Н. Г., Боровко Н. Н. О гранулометрическом анализе песков и способах обработки его данных // *Вопр. литологии и палеогеографии*. Тр. ВСЕГЕИ, 1967. Т. 110. С. 231–242.
2. Борсук О. А. О применении гранулометрического анализа галечников для палеогеографических целей (на примере Забайкалья) // *Бюлл. МОИП. Отдел геол.* 1968. Т. 43, вып. 6. С. 139–140.
3. Животовская А. И. Об одном порядке осаждения // *Очерки по физической седиментологии*. Л.: Недра, 1964. С. 22–43.
4. Жуков В. В. Применение гранулометрического анализа при поисках алмазонасных россыпей (на примере Северо-Востока Сибирской платформы) // *Гранулометр. анализ в геологии*. М.: ГИН АН СССР, 1978. С. 147–159.
5. Коломиец В. Л. Седиментогенез плейстоценового аквального комплекса и условия формирования нерудного сырья сухоходольных впадин Байкальской рифтовой зоны: автореф. дисс. ... канд. геол.-минер. наук. Иркутск, 2010. 18 с.
6. Котельников Б. Н. Реконструкция генезиса песков: гранулометрический состав и анализ эмпирических полигонов распределения Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1989. 132 с.
7. Рожков Г. Ф., Голоудин Р. И. Некоторые гранулометрические параметры современных осадков как индикаторы тектонических движений в бассейнах седиментации // *Геология и геофизика*. 1972. № 4. С. 64–76.
8. Романовский С. И. Седиментологические основы литологии. Л.: Недра, 1977. 408 с.
9. Рухин Л. Б. Гранулометрический метод изучения песков Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1947. 213 с.
10. Шаранов И. П. Применение математической статистики в геологии М.: Недра, 1965. 259 с.
11. Шванов В. Н. Песчаные породы и методы их изучения. Л.: Недра, 1969. 248 с.

УДК 550.8:552.5

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕНЕТИКО-ФАЦИАЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ ПОИСКОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. Л. Коломиец

Геологический институт СО РАН,
ул. Сахьяновой ба, 670047 Улан-Удэ, Российская Федерация; kolom@ginst.ru

Ещё в недалеком прошлом, в 70–80-х гг. XX века возведение Байкало-Амурской магистрали, освоение зоны её влияния, широкое развитие промышленного

и гражданского строительства в Байкальском регионе требовало больших объёмов строительного песка, камня, гравия и песчано-гравийной смеси. Совершенствованию научных основ и методов выделения перспективных площадей, поискам и разведке минерального сырья уделялось большое внимание. Народнохозяйственные потребности в нерудных строительных материалах существенно возросли. Несмотря на временные трудности, переживаемые экономикой России, проблема развития минерально-сырьевой базы актуальна и важна.

Песчано-гравийная смесь без фракционного разделения в естественном виде используется для балластных отсыпок в дорожном строительстве, при производстве бетона и железобетона. Основным заполнителем бетонов служит, помимо щебня, получаемого при дроблении, также и такой природный компонент, как песок. Кроме этого, он широко применяется в приготовлении кладочных растворов, штукатурных растворов для отделочного слоя, в качестве того же балласта при строительстве железных и автомобильных дорог, при намыве плотин в гидротехническом строительстве. Песок представляет основное сырьё для производства силикатного кирпича, лёгких силикатных бетонов ячеистой структуры, силикатного камня и других мелкоштучных прессованных изделий автоклавного твердения.

Немаловажный статус отводится природным полевошпатовым и кварц-полевошпатовым пескам при производстве технического, листового, оконного, тарного стекла в стекольной промышленности, электротехнического, художественного и хозяйственного фарфора и фаянса, санитарно-технических изделий, отделочных и облицовочных плиток, а также другой продукции.

Неоплейстоценовые осадки, повсеместно слагающие верхний ярус кайнозойских образований рифтовых впадин Байкальской Сибири, играют главенствующую роль в разведанных, прогнозных запасах строительного песка и песчано-гравийных смесей [1, 2]. К разным генотипам этих отложений приурочено большинство известных месторождений и проявлений. Дальнейшее увеличение прироста запасов следует ожидать только с рассматриваемым комплексом.

Песок для производства силикатных изделий. Оценка пригодности песчаных отложений для производства силикатных изделий автоклавного твердения определяется ОСТом 21-1-80. Начальным условием, или первым, литологическим, критерием, повсеместной разбраковки верхнего яруса кайнозойских осадков в межгорных впадинах Прибайкалья (Верхнеангарская, Муйско-Куандинская, Баргузинская, юго-восточное побережье оз. Байкал, Усть-Селенгинская, Тункинская) на площади, годные ОСТу, являются структурные особенности отложений. Теоретически этим требованиям удовлетворяет та часть спектра обломочных пород, к которым относятся все разности песчаных частиц. Следовательно, вторым, генетическим, критерием поиска перспективных площадей на силикатные пески является выделение таких генотипов континентальных осадочных образований, для которых наиболее характерны размерности частиц от 10 до 0,01 мм. Этому размерному диапазону соответствуют аллювиальные, пролювиальные, озёрные, озёрно-ледниковые и эоловые осадки. Данная совокупность, особенно отложения флювиальной и лимнической групп аквального парагенетического ряда, занимает господствующее положение в перечисленных впадинах. Поэтому, перспективы выделения площадей, сложенных пригодными для производства силикатных изделий осадками, чрезвычайно велики.

Аллювиальный и лимнический генотипы, слагающие террасовый комплекс котловин (наличие не менее семи уровней в каждой из впадин) являются главными источниками запасов силикатных песков. Ключевая роль в оценке пригодности при-

надлежит уже третьему, фациальному, критерию поиска перспективных площадей. В этом отношении наибольший интерес представляет группа пойменных фаций, фация прирусловой отмели, фации береговых и прибрежных отложений озёрной группы. Ввиду высокого содержания псефитовых разностей практически не пригодна пристрежневая фация, а также группа старичных фаций и отложений вторичных водоёмов пойм по причине завышенного насыщения алевритово-глинистыми частицами (A_0).

С этой совокупностью (процент пригодности проб (ППП) до 90–95) связаны крупные по запасам месторождения: Конфликтное (площадь – 5 км², запасы – 50 млн м³) Тукалакты (33 км², 620 млн м³), Левомуйское (11 км², 209 млн м³), Старый Витим (4 км², 77 млн м³), Бурдуковское (35 км², 150 млн м³), Перемычка (0,3 км², 3 млн м³) в Муйской; Право-Аргадинское (6 км², 18 млн м³), Улан-Бурга (41 км², 678 млн м³), Майское (4 км², 40 млн м³), Элесун (4 км², 12 млн м³), Гусиха-2 (10 км², 50 млн м³) в Баргузинской; Бадар (40 км², 128 млн м³), Торы (30 км², 75 млн м³) в Тункинской; Шергинское (16 км², 45 млн м³) в Усть-Селенгинской впадинах; Турка (14,5 км², 40 млн м³), Саяпиха-1 (6,5 км², 15,6 млн м³), Саяпиха-2 (2,8 км², 7,8 млн м³), Котокель (18 км², 38 млн м³) на юго-восточном побережье оз. Байкал.

Напротив, другие генотипы, в частности, *пролювиальные* отложения пригодны выборочно в пределах периферийных фаций предгорных шлейфов и конусов выноса. Ввиду ограниченного развития отложений *гляциального* ряда в Байкальском регионе перспективы использования его не велики. Исключения составляют озёрно-ледниковые осадки Тункинской депрессии, где ППП максимален – 100 % (месторождение Нилова Пустынь, 2,3 км², 8 млн м³). Высокий процент A_0 разубоживает *эоловый* генотип. Их применение возможно лишь для районных потребностей в небольших объёмах сырья и с целью экономии средств на перевозки. Химический состав силикатных песков за редким исключением соразмерен предельным значениям ОСТА и находится в норме.

Песок для строительных работ. Пригодность песка определяется техническими условиями ГОСТа 8736-93. Завышенное содержание A_0 по региону обуславливает избирательность оценок при выборе перспективных площадей. Поэтому на поисковой стадии работ пристальный взгляд следует обратить на фациальную изменчивость в пределах каждого генотипа, пригодного в общей массе. Если для силикатных песков поисковые критерии представлены рядом «литология» – «генотип» – «группа фаций», где главная роль в оценке отводится выделению соответствующих генотипов, фациальная вариабельность которых с высокой степенью вероятности не выйдет за рамки общей пригодности, то для строительных песков основная функция этого ряда смещается в сторону последней составляющей.

Речные и озёрные отложения занимают главенствующее положение в разведанных и опосредованных месторождениях строительного песка. Перспективы обнаружения новых объектов самые благоприятные. Ведущим условием прогнозных оценок является выделение среди всего данного разнообразия тех фациальных групп и отдельных фаций внутри групп, гидродинамический режим накопления которых даёт материал, удовлетворяющий запросы ГОСТа. Максимальное значение представляют группы русловых и пойменных фаций, а именно: фация прирусловой отмели, фация перекатов, фация прирусловых валов, группа фаций смешанного озёрно-речного генезиса для высоких террас и фации береговых и прибрежных отложений озёрной группы. Не перспективными являются пристрежневая фация (существенное содержание фракций >10 мм), фация внутренней зоны поймы, фация вторичных во-

доёмов пойм, группа фаций старичного аллювия и фации внутренних частей озёр (повышенное насыщение A_0). Высокий потенциал годности свойственен террасовому комплексу. К разновозрастным осадкам его относятся месторождения строительного песка: в Муйской – Бурдуковское (35 км², 150 млн м³), Конфликтное (5 км², 50 млн м³), Тукаланта (33 км², 880 млн м³), Левомуйское (11 км², 209 млн м³), Старый Витим (4 км², 77 млн м³), Перемычка (0,3 км², 3 млн м³); в Баргузинской – Улан-Бурга (3 км², 41,7 млн м³), Право-Аргадинское (3 км², 6 млн м³), Гарга (0,5 км², 0,5 млн м³), Кулдук (0,5 км², 0,75 млн м³), Сеюйское (5 км², 10 млн м³), в Тункинской впадинах – Бадар (15 км², 45 млн м³) и Торы (3 км², 7,2 млн м³); на юго-восточном побережье оз. Байкал – Турка (10 км², 28 млн м³), Саяпиха-1 (6,5 км², 15,6 млн м³), Саяпиха-2 (2,8 км², 7,8 млн м³).

Проллювиальные отложения. ППП ниже среднего и имеет примерно равные значения по всем впадинам. Нормы ГОСТа в натуральном виде удовлетворяют фации периферийной зоны предгорных шлейфов и конусов выноса, а также разрозненные маломощные горизонты вершинной зоны, сложенные разномерным песком с малым количеством более крупных обломков. Значение этого генотипа в целом возрастает при фракционировании отложений с получением песка-отсева. Таковыми являются месторождения из Тункинской впадины, которые рекомендуются для использования в районном масштабе – Гужирь (5 км², 3,5 млн м³), Хобок (3,7 км², 1,2 млн м³), Ихэ-Ухгунь (7,9 км², 3,7 млн м³). Ситуация с прогнозными показателями для *ледниковых отложений* та же, что и для проллювиальных образований. В литолого-фациальном плане более перспективны лимногляциальные отложения (месторождение Нилова Пустынь – 2,3 км², 7,6 млн м³). Весомость ледниковых осадков увеличится в случае их фракционирования с попутным извлечением песка-отсева. Несмотря на то, что размерность частиц слагающих *эоловый тип осадков* полностью заключена в обозначенных рамках стандарта, из базового перечня он исключен, так как их медианный диаметр всегда смещен в сторону мелких частиц и находится в поле мелко-тонкозернистых песков. Это обстоятельство не позволяет дать каких-либо рекомендаций по использованию ветровых отложений в строительных работах даже с применением технических средств (дополнительного фракционирования или укрупняющих добавок) по причине удорожания конечного продукта.

Пески и песчано-гравийные смеси – заполнители в бетоны. Годность песков и песчано-гравийных смесей для тяжёлых бетонов диагностируется техническими требованиями ГОСТа 12730-0-78 (1994). Заполнители подразделяют на крупные – гравийно-галечные осадки и мелкие – средне-грубозернистые пески с гравием. В этом случае необходимо более сосредоточенное внимание к микрофациальному анализу (четвертый поисковый критерий) и последующему обособлению конкретных фаций внутри фациальных групп, удовлетворяющих в целом потребности ГОСТа. Поисковый ряд критериев приобретает при этом вид: «литология» – «генотип» – «группа фаций» – «фация». Обнаружить **крупные заполнители** можно в аквальном (аллювий, пролювий) и гляциальном (ледниковые, водно-ледниковые осадки) парагенетических рядах.

Речные отложения. В фациальном отношении максимальный интерес представляет перлювиальная и пристрежневая фации русловой группы. Остальные фациальные группы в естественном виде не пригодны. ППП низкий, лучшие показатели имеют осадки высокой поймы (месторождения в Баргузинской впадине – Тунген (18 км², 18 млн м³), Гарга (0,5 км², 0,51 млн м³), Хахаргай (1 км², 1,5 млн м³). Значение генотипа должно в значительной степени возрасти при получении щебня с

фракционированием донных валунно-галечных отложений главных рек впадин и водотоков 1-2-го порядков.

Проллювиальные отложения. По фациальному анализу наиболее потенциальна фация вершинной зоны конусов выноса, гидродинамика которой позволяет накапливать объёмный материал. Этому генотипу принадлежат месторождения Хобок (3,7 км², 3,4 млн м³), Ихэ-Ухгунь (7,9 км², 11,1 млн м³), Гужирь (5 км², 14 млн м³) в Тункинской впадине, приуроченные к предгорным шлейфам и конусам выноса. Среди *ледниковых отложений* перспективны конечно-моренные и водно-ледниковые образования, ППП в естественном виде самый высокий, после фракционирования может достичь максимального предела (месторождения в Муйско-Куандинской впадине: Мудириканское (1 км², 12 млн м³) и Право-Муяканское (5,5 км², 15 млн м³).

Литологические особенности стандарта для **мелких заполнителей** удовлетворяют аллювиальный, озёрный, проллювиальный, флювио- и лимногляциальный генотипы.

Аллювиальные и озёрные отложения. По фациальной природе пригодными являются фации со средними гидродинамическими условиями живой среды седиментации, в которой потоки теряют способность транспортировать волочением галечный материал и характеризуются пульсационными изменениями придонных скоростей, ведущими к разрушению гидравлических ловушек и выносу частиц нижней части обломочного спектра.

Таким режимом обладают фации прирусловой отмели и перекаатов русловой макрофации, фации приречной зоны, фации проточных озёрных водоёмов. К описываемой совокупности причастны месторождения Левомуйское (0,35 км², 7,2 млн м³), Конфликтное (5 км², 50 млн м³), Тукалата (33 км², 440 млн м³), Право-Аргадинское (3,0 км², 6,0 млн м³), Улан-Бурга (3 км², 4,2 млн м³), Саяпиха-1 (6 км², 14,4 млн м³).

Проллювиальные и ледниковые отложения. Пригодны единичные контуры фации периферийной зоны, не имеющие сплошного площадного распространения, в природном виде, практическим значением не обладают. Годная смесь может быть получена при добыче крупных заполнителей в качестве добавочного продукта.

Сырьё для стекольной промышленности. Качество сырья для стекольной промышленности определяется техническими требованиями к полевошпатовым и кварц-полевошпатовым материалам ГОСТа 13451-77. Заявка стандарта по фракционному набору ограничивается осадками в виде смеси из песчано-алевритово-глинистых частиц и исключает присутствие каких-либо примесей размером >1,25 мм. Поэтому, при выработке прогнозных рекомендаций пригодности стекольного сырья следует использовать поисковый ряд критериев «литология» – «генотип» – «группа фаций» – «фация».

Аллювиальные и лимнические отложения характеризуются устойчивым ППП, практический потенциал годности имеют фация внутренней зоны поймы, группа старичных фаций и отложений вторичных водоёмов пойм, группа фаций озёрного генезиса (береговые, прибрежные и приглубые фации). Для *проллювиальных осадков* ППП ниже среднего, но пробы из фаций полого-покато́й периферии крупных конусов выноса дают положительный результат и предлагаются как возможные источники получения сырья. *Эоловые отложения* имеют высокий ППП, годность понижается за счёт малых примесей (1–2 %) фракции 2,5–1,25 мм. При её отсева может быть достигнут хороший результат, так как в целом основная масса осадка заключена в песчано-алевритовой области (70–80 %). Такие гранулометрические распределения

сопоставляются с эмпирическими полигонами перемещенных песков зрелой стадии перевевания, и именно их следует рекомендовать на данный вид сырья.

Имеющиеся данные по полному химическому составу песков вносят свой отпечаток в выявленные закономерности. В первую очередь, повышенные содержания *оксида железа* (Fe_2O_3) 2–5 %, что на порядок выше требований ГОСТа, исключают возможность применения осадков в естественном виде для изготовления листового и оконного стекла. Поэтому они могут использоваться лишь как сырьё для производства изделий из тёмно-зелёного и тарного стекла (марка КПШС-Н-11,5 с ненормированной долей Fe_2O_3 , месторождение Котокель – 18 км², 38 млн м³). Количество *кремнезёма* SiO_2 и *оксида алюминия* Al_2O_3 по всему региону находится в пределах госстандарта. Насыщенность *щелочами* ниже нормы характерна только лишь для Тункинской котловины, причём каких-либо закономерностей в распределении $Na_2O + K_2O$ выявить не удалось, поэтому данная впадина, как источник стекольных песков, оценивается отрицательно.

Пригодность плейстоценовых отложений рифтовых впадин определена на основе учёта литологических, генетических, фациальных, гидродинамических особенностей, анализа закономерностей размещения полезных залежей в пределах месторождений, проявлений строительных материалов и данных гранулометрических распределений (табл.).

Таблица – Пригодность четвертичных отложений на разные виды строительного сырья

Генотип	Силикатные изделия	Строительные растворы	Крупные заполнители	Мелкие заполнители	Стекольные материалы*
aQ ₄ ²	–	–	±	–	–
aQ ₄ ¹	±	±	±	±	±
a ¹ Q ₃ ⁴ -Q ₄ ¹	+	+	±	±	±
a ² Q ₃ ²	+	+	±	±	±
a ³ Q ₃ ¹	+	±	–	±	±
la ⁴ Q ₂ ³⁺⁴	+	+	–	±	±
al ⁵ Q ₂ ¹⁺²	+	+	–	±	±
al ⁶ Q ₁ ² -Q ₂ ¹	+	+	–	±	±
al ⁷ E ₂ -Q ₁ ¹	+	±	–	–	±
ap, p	±	±	±	±	±
af, f	–	–	±	–	–
lg	+	+	–	±	+
v	±	–	–	–	±

Примечание: Оценка перспективности осадков: + пригодны; ± пригодны выборочно; – не пригодны; * – пригодность дана по зерновому составу.

Наиболее перспективными выступают аллювиальные и озёрно-речные отложения, имеющие наибольшее площадное распространение. Для них характерна выдержанность строения, постоянство гранулометрического и химического составов, большая мощность полезной залежи, крупные запасы, исчисляемые десятками и сотнями млн м³, благоприятные гидрогеологические условия, даже в областях развития многолетней мерзлоты, общая доступность территории. Это главные и первоочередные объекты, как по разведанным и утвержденным, так по опойскованным и прогнозным запасам, любых видов нерудного сырья.

Осадки пролювиального, ледникового и эолового генезиса играют подчиненную роль в строении днищ рифтовых впадин и являются второстепенными объектами. Не в пользу освоения данных генотипов свидетельствуют непостоянство состава и невыдержанность мощности продуктивных горизонтов, частые «вредные» разнообразные примеси, удалённость от потребителей. Всё же они могут обладать определённым значением при совокупной разработке с получением разных видов стройматериалов – крупнообломочный материал используется как заполнитель в бетоны, песок-отсев – строительные работы и сырьё для силикатной и стекольной промышленности, а также, что особенно актуально в данное время, в целях экономии расходов на транспортировку. Назначение их возрастет и в случае применения в сугубо местных потребностях при необходимости в небольших объёмах требуемого компонента.

Несмотря на принадлежность исследуемой площади Байкальскому региону и обострение экологических проблем, отработка месторождений при соответственном выборе объектов, в первую очередь террасового комплекса впадин, не повлечет за собой каких-либо глобальных ландшафтных изменений. Добыча может вестись круглогодично механизированным карьерным способом, что всецело удовлетворит запросы крупной строительной промышленности Восточной Сибири. Имеющиеся неограниченные запасы, наличие разветвленной сети железных и автомобильных дорог позволяет также производить значительный вывоз нерудного сырья за пределы региона.

Библиографические ссылки

1. *Коломиец В. Л.* Комплексное освоение сырьевой базы строительных материалов Байкальского региона и перспективы её расширения // *Материалы Всероссий. науч.-практ. конф. «Экологобезопасные технологии освоения недр Байкальского региона: современное состояние и перспективы».* Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2000. С. 68–73.

2. *Шатковская Л. В., Коломиец В. Л.* Палеогеографические реконструкции при поисках нерудного сырья // *Вопр. геологии Прибайкалья и Забайкалья.* Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО АН СССР, 1991. С. 64–72.

УДК 551.336(470)

МОРФОЛОГИЯ, ГЕОЛОГИЯ И ГЕНЕЗИС ЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РАЙОНЕ ПОС. УМБА (ЮГО-ЗАПАД КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА)

**А. А. Вашков¹, О. Ю. Носова¹, В. В. Колька¹, О. П. Корсакова¹,
Д. С. Толстобров¹, В. А. Крошинский², Н. А. Костромина³, А. И. Крикунова³**

¹ Геологический институт КНЦ РАН,
ул. Ферсмана 14, 184209 Апатиты, Российская Федерация; vashkov@geoksc.apatity.ru

² Научно-производственный центр по геологии, филиал «Институт геологии»,
ул. Купревича 7, 220141 Минск, Беларусь

³ Санкт-Петербургский государственный университет,
Университетская наб., 7/9, 199034 Санкт-Петербург, Российская Федерация

Установление закономерностей строения и распространения чехла четвертичных образований в Кольском регионе остаётся актуальной задачей. Эти осадки яв-