

УДК 624.131

ОБ УЛУЧШЕНИИ СВОЙСТВ ГРУНТОВ КАК СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СВЯЗИ С ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОБЛЕМАМИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

И.С. Копылов¹, Б.М. Осовецкий²

¹*Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, Пермь, Россия, e-mail: georif@yandex.ru*

²*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия, e-mail: mineral@psu.ru*

Рассматривается инженерно-геологическая проблема по улучшению качества грунтов при сооружении крупных объектов. Предлагается технология комплексной разработки песчано-гравийных месторождений (обогащение с применением системы винтовых сепараторов), позволяющая улучшать качество строительных материалов и получать ценные минералы. Проведен инженерно-геологический анализ района проектируемой железной дороги «Белкомур» в Пермском крае, где существуют благоприятные геолого-экономические условия для внедрения данной технологии.

Ключевые слова: инженерная геология, грунты, строительные материалы, минералы.

ABOUT THE IMPROVEMENT OF THE PROPERTIES SOILS, AS CONSTRUCTION MATERIALS, IN CONNECTION WITH ENGINEERING-GEOLOGICAL PROBLEMS IN THE CONSTRUCTION

I.S. Kopylov¹, B.M. Osovetskiy²

¹*Perm State National Research University, Perm, Russia, e-mail: georif@yandex.ru*

²*Perm State National Research University, Perm, Russia, e-mail: mineral@psu.ru*

The engineering-geological problem to improve the quality of soils in the construction of large objects is considered. We offer the technology of complex development of sand-gravel deposits (enrichment using the screw separator), which allows to improve the quality of construction materials and to receive valuable minerals. Engineering-geological analysis of the area of the projected railway "Belkomur" in the Perm region, where there are favorable geological and economic conditions for the implementation of this technology was fulfilled.

Keywords: engineering geology, soils, building materials, minerals.

Одной из основных проблем, обуславливающих развитие опасных инженерно-геологических процессов, является низкое качество строительных материалов – грунтов, используемых при сооружении объектов. Как известно, разрабатываемые месторождения строительных материалов (гравия, песка, глины и др.) часто не полностью соответствуют установленным кондициям на тот или иной вид сырья. Для достижения необходимых

показателей применяются различные методы обогащения исходного сырья. Однако нередко этим пренебрегают и применяют природное сырье без какой-либо предварительной обработки.

Единой общепринятой классификации обломочных пород по размеру слагающих их зерен и обломков не существует. Согласно ГОСТ 8736–93, к пескам относят материал с размером зерен от 0,14 до 5,00 мм, согласно ГОСТ 8267–93 к гравиям – от 5,00 до 70,00 мм. Если количество обломков, превышающих по размерам песчаные частицы, в общей массе породы более 30 %, она называется песчано-гравийной смесью. Окатанные обломки горных пород размером больше 70 мм относят к валунам [3].

Наиболее эффективным способом использования месторождений валунно-галечно-гравийных материалов является классификация природных смесей с получением различных фракций обломков (например, 80-40, 40-20, 20-10 и 10-5 мм) и отдельно фракции песка. Получаемые при этом пески существенно выигрывают в качестве благодаря удалению вредной примеси глинистых частиц.

Использование фракционированного строительного материала позволяет значительно улучшить качество строительных работ (особенно при сооружении дорожного полотна, фундаментов зданий, фильтрующих плотин и т.д.). Пески могут получить применение как высококачественные строительные, формовочные и (при дополнительном расसेве) как штукатурные.

Сдерживающим моментом для применения в более широких масштабах классификации строительного сырья является высокая стоимость работ, которая с учетом небольших объемов строительства может оказаться экономически нерентабельной. Однако при строительных работах с потреблением больших объемов гравийно-галечных строительных материалов необходимые условия для этого существуют. Примером может служить сооружение железнодорожного полотна для трасс большой протяженности.

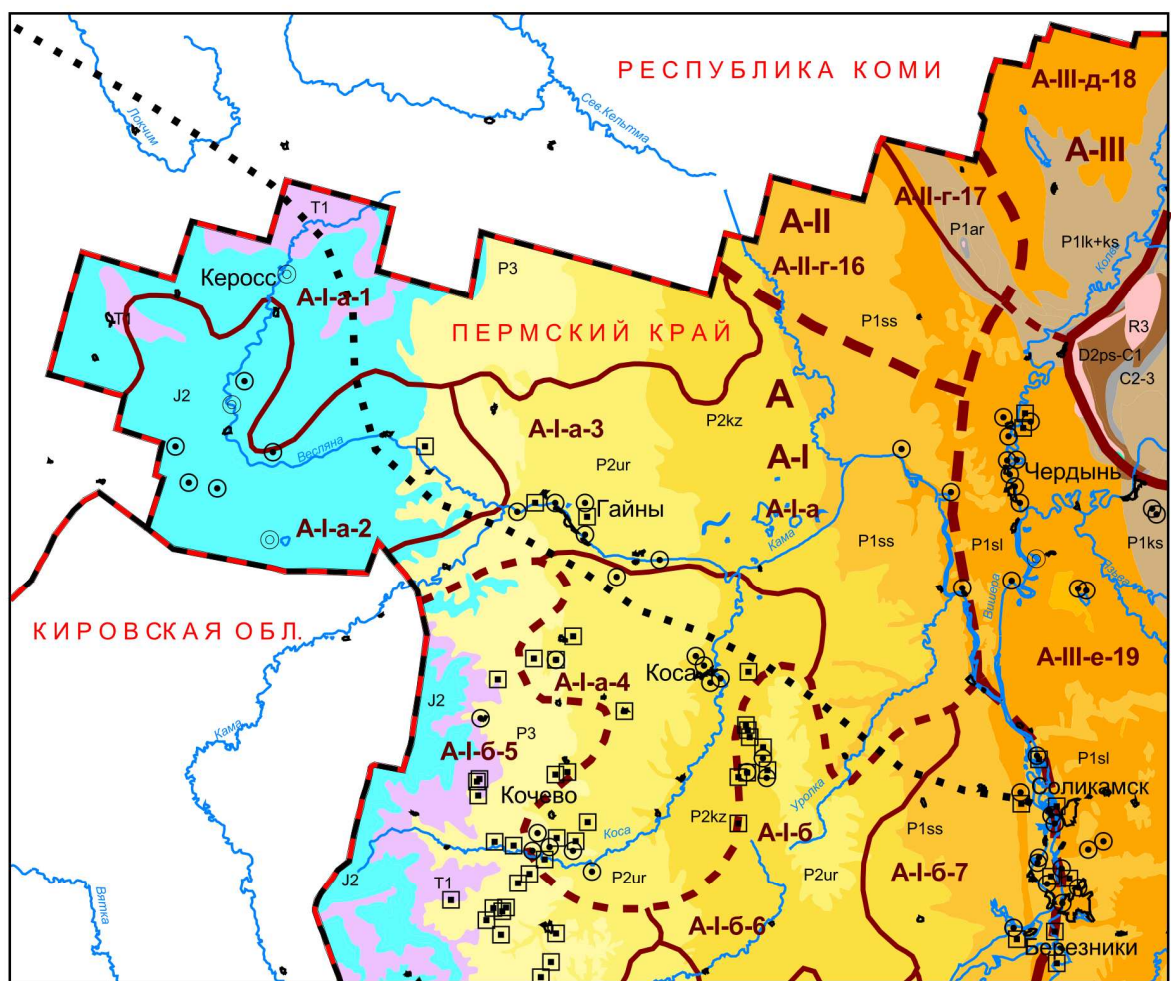
Для повышения экономической эффективности получения классифицированного строительного сырья нами предлагается приступить к освоению технологии комплексной разработки песчано-гравийных месторождений. Данная технология предусматривает дополнительно к аппаратуре, предназначенной для получения классифицированного гравия, присоединить еще один блок для гравитационного обогащения песка. Основой этого блока может стать система винтовых сепараторов высокой производительности, с помощью которых возможно получение концентратов ценных минералов. Данная схема обогащения целесообразна только в районах, где в разрабатываемых песчано-гравийных месторождениях присутствуют в достаточном количестве ценные минералы.

Необходимые геологические и экономические условия для комплексной разработки песчано-гравийных смесей существуют на территориях северо-западных районов Пермского

края и южных районов Республики Коми, где планируется сооружение железнодорожной трассы Соликамск – Архангельск (проект «Белкомур»). Суть проекта – в комплексном социально-экономическом развитии сразу трех субъектов РФ – Пермского края, республики Коми и Архангельской области. Общая протяженность дороги составит 1252 км. Новых рельс предстоит проложить 794 км, причем большая часть нового строительства предполагается на территории республики Коми и Пермского края (участок Соликамск – Гайны – Сыктывкар протяженностью 590 км). Значительная протяженность трассы потребует больших объемов гравия и песка (по проекту только для подсыпки в основании насыпи потребуется 56 млн м³ грунта [5]), причем не только для сооружения полотна дороги и реконструкции имеющихся железнодорожных путей, но и для развития всей инфраструктуры на прилегающей территории в целом.

В 2005-2008 гг. сотрудниками ЕНИ ПГУ проведен комплексный инженерно-геологический и геолого-экономический анализ территории Пермского края и составлена инженерно-геологическая карта масштаба 1:500 000 [1, 2]. Исследования проводились с целью рационального недропользования при освоении минерально-сырьевых ресурсов. В основу карты положен картографический и фактологический материал многих геологических отчетов производственных предприятий, особенно геологических и гидрогеологических съемок масштаба 1:200 000 и тематических работ по изучению геологических процессов, выполненных ФГУП «Геокарта-Пермь», ГП «Запуралгидрогеология», а также материалы поисковых работ ГПК «Пермнефть», ООО «Пермгеолнеруд» и др. Фрагмент инженерно-геологической карты (с упрощением), охватывающий район проектируемой трассы железной дороги, приведен на рисунке.

Территория проектируемой трассы «Белкомур» по инженерно-геологическому районированию [2] расположена в пределах инженерно-геологического региона первого порядка – Восточно-Европейской (Русской) платформы, Волго-Уральского инженерно-геологического региона второго порядка (А-I), соответствует северной части Волго-Уральской антеклизы. В западной части распространена терригенная формация мезозоя, в центральной части – терригенная красноцветная формация верхней и средней перми, в восточной части – карбонатно-терригенная формация нижней перми. В составе геолого-генетических комплексов преобладают флювиогляциальные пески и супеси, ледниковые моренные суглинки, полигенетические отложения, озерно-болотные оторфованные суглинки и торф. Включает две инженерно-геологические области: область аккумулятивной равнины Северного Прикамья (А-I-a) с 4 районами: район умеренных сводовых поднятий Северных Увалов (А-a-I-1), район



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

10 0 10
КМ

Инженерно-геологическое районирование
(И.С.Копылов, А.В.Коноплев, 2008)

Границы инженерно-геологического районирования

- регионов I порядка
- регионов II порядка)
- областей
- районов

A-I-a-4 Инженерно-геологические таксоны (наименования в тексте)

Месторождения строительных материалов

- Песчано-гравийные смеси
- Пески строительные
- Пески стекольные

Инженерно-геологические формации коренных пород

- J2** Терригенная формация мезозоя
Средне-верхнеюрская подформация.
Пески с линзами гравия и глины, галечники
- T1** Нижнетриасовая терригенная подформация.
Глины, алевролиты, песчаники, мергели
- P3** Континентальная красноцветная формация
верхней и средней перми
Верхнепермская терригенная подформация.
Песчаники, алевролиты, глины, известняки
- P2ur** Уржумская терригенная подформация.
Песчаники, алевролиты с прослоями глин
Карбонатно-терригенная формация
средней и нижней перми
- P2kz** Казанская терригенная подформация.
Глины, аргиллиты, алевролиты, песчаники
- P1ss** Верхнеуфимская карбонатно-терригенная подформация.
Песчаники, алевролиты, аргиллиты, мергели
- P1sl** Нижнеуфимская терригенно-карбонатная подформация.
Известняки, доломиты, мергели, песчаники, алевролиты

Границы субъектов РФ

Проектируемая трасса железной дороги "Белкомур"

Рис. Инженерно-геологическое районирование и месторождения строительных материалов района трассы "Белкомур"

слабых дифференцированных поднятий Верхнекамской низменной равнины (А-I-a-3), район слабых дифференцированных поднятий Косинской низменной равнины (А-I-a-4); область денудационной равнины Среднего Прикамья (А-I-б) с 3 районами: район умеренных сводовых поднятий Верхнекамской возвышенности (А-I-б-5), район умеренных сводовых поднятий Верхнекондаских Увалов (А-I-б-6), район слабых дифференцированных поднятий Иньвенско-Обвинской низменной равнины (А-I-б-7).

Проведено зонирование по основным факторам, определяющим инженерно-геологические условия на регионально-зональном уровне: распространению основных геологических процессов (заболачивание, эрозионные и гравитационные процессы, в восточной части – карст, суффозия, переработка берегов водохранилищ), проведена типизация по степени инженерно-геологической сложности промышленного и хозяйственного освоения. Выделено 4 типа участков: благоприятные (требуется обычная инженерная подготовка), условно благоприятные (значительная подготовка), ограниченно благоприятные (сложная подготовка), неблагоприятные (специальные трудноосуществимые методы инженерной подготовки). Выделены приоритетные районы и участки на поиски общераспространенных полезных ископаемых, в т.ч. – месторождений строительных материалов.

В районе проектируемой трассы «Белкомур», в северо-западной части Пермского края установлено (по материалам ФГУП «Геокарта-Пермь», ООО «Пермгеолнеруд» и др.) более 100 месторождений строительных материалов обломочных пород, среди которых примерно в равных долях преобладают месторождения песчано-гравийных смесей и песка строительного (рисунок).

Песчано-гравийные смеси (ПГС) имеют широкое распространение в долинах крупных рек, где они представлены аллювием русла и поймы. Достаточно широко ПГС встречаются на северо-западе Пермского края в пределах распространения ледниковых отложений, а также в районах распространения пермских, триасовых и юрских отложений, как результат дезинтеграции слагающих их песчаников и гравелитов. По форме залегания – это пластовые линейно вытянутые залежи мощностью от 2,0 до 10,5 м, перекрытые во всех случаях, кроме русла, покровными суглинками и глинами. Обломочный материал преимущественно кварцево-кремнистый, содержание гравия в общей массе 19,5-55 %, песок является слабоцементирующей массой. Всего на учете состоит 51 месторождение ПГС с запасами 250 млн м³, из которых большинство приходится на долину р. Камы и ее крупных притоков. Приrost запасов можно предполагать в низовьях притоков р. Камы (рр. Весляна, Коса, Вишера), а также в ледниковых отложениях.

Песок строительный территориально приурочен к районам распространения песчано-гравийных смесей т. к. имеет с ними тесную генетическую связь. Более того, некоторые

месторождения строительных песков содержат прослои или горизонты ПГС. Большая часть запасов (160 млн м³) сосредоточена в аллювиальных отложениях поймы и низких террас р. Камы и ее крупных притоков. Некоторые месторождения являются дезинтеграторами песчаников верхней – средней перми, триаса и юры, некоторые сложены флювиогляциальными и ледниковыми отложениями. Мощность продуктивного горизонта варьирует в пределах 1,1-18,6 м и напрямую зависит от ранга водотока, самые высокие мощности в отложениях первой и второй террас р. Камы. В флювиогляциальных отложениях мощность продуктивных песков достигает 18,0 м (месторождение Северное в Кочевском районе, в 12 км СЗ с. Усть-Силайка). В восточной части трассы «Белкомур» расположены три крупнейших в Пермском крае месторождения строительных песков – Соликамское (запасы кат. А+В+С₁ – 29,8 млн м³), Мошевское (запасы кат. С₂ – 25,8 млн м³) и Тетеринское (запасы кат. С₂ – 18,1 млн м³) [4]. Песок различной зернистости преимущественно кремнисто-кварцевого состава. Иногда присутствуют в незначительном количестве полевые шпаты и слюды. Типовой состав песка из ПГС (месторождение «Лугдын», 8 км западнее п. Гайны) в %: кварц 68,4, кремни 25,3, магматические породы 4,4, известняки 0,1, мергели 0,6, рудные минералы 0,1, прочие породы 1,1. Тяжелая фракция шлиха состоит из пироксена, граната, эпидота, ставролита, рутила, турмалина, циркона. Содержание золота в ПГС 0,27 – 18,0 мг/м³ (среднее 4,1 мг/м³). Модуль крупности песка 1,4 – 2,7 (среднее 2,2). Пылевидные, глинистые и илистые частицы – 0,1 – 12,5 % (среднее 2,3 %), органические примеси отсутствуют. Качество природного песка в известных месторождениях в основном удовлетворяет требованиям ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ», но иногда требуется дополнительное просеивание и отмыв от глинистого материала.

Геологические исследования, проведенные в последние годы сотрудниками Пермского университета, Института геологии Коми НЦ УрО РАН, МГУ, ЦНИГРИ и ряда других организаций, показали присутствие в разведанных месторождениях строительного сырья многих ценных минералов (золота, платиноидов, титано-циркониевых, редкоземельных, тантал-ниобиевых, оловорудных и др.). Получены также данные о возможности присутствия в них алмазов промышленной крупности.

Технология процесса обогащения отсева песка, получаемого при классификации исходной смеси, должна предусматривать первичное гравитационное обогащение на высокопроизводительных винтовых сепараторах большого диаметра с получением коллективного концентрата ценных минералов. Последние затем доводятся до конечного концентрата с применением специальных доводочных аппаратов (винтовых сепараторов, винтовых шлюзов, сепараторов Кнелсона и т.д.).

Предварительные экспериментальные исследования, проведенные сотрудниками Пермского университета на ряде месторождений в бассейне р. Весляны (приток р. Камы), показали, что в конечном концентрате может находиться до 30 г/т золота и до 3 г/т платиноидов, которые являются главными ценными компонентами в данном районе. В целом, данный концентрат будет содержать около 50-60 % ильменита, до 10 % циркона и 7 % рутила, т.е. после выделения на доводочной фабрике благородных металлов вполне пригоден как титано-циркониевый продукт. Кроме того, в этом концентрате установлено присутствие многих других весьма ценных минералов: монацита с повышенным содержанием тория, лопарита, Сеперовскита, колумбита, ильменорутила, касситерита, бадделеита и др. Выявлено, что минимальный объем золота, который может попасть в основание дороги, составляет 2 – 6 т [5, 6].

Непосредственное внедрение системы комплексной разработки песчано-гравийных месторождений может начаться на территории Пермского края, где для этого имеются все необходимые условия (экономические, транспортные, инженерно-технические) и большая потребность в строительных материалах высокого качества. Для этого целесообразно в течение одного-двух лет произвести опытно-промышленные испытания на одном из месторождений. При получении положительного результата полученный опыт может быть распространен на другие территории страны.

Список литературы

1. Коноплев А.В., Копылов И.С. Инженерно-геологическое ранжирование территории Пермского края для рационального недропользования при освоении минерально-сырьевых ресурсов // Эколого-экономические проблемы освоения минерально-сырьевых ресурсов: Материалы междунар. научн. конф. – Пермь, 2005. – С.174-175.
2. Копылов И.С., Коноплев А.В. Инженерно-геологическое картографирование и районирование территории Пермского края на основе ГИС-технологий // Проблемы и задачи инженерно-строительных изысканий. Проблемы и задачи инженерной геологии карста урбанизированных территорий и водохранилищ: Материалы Всеросс. науч.-практ. конф. – Пермь, 2008. – С.160-168.
3. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Песок и гравий. – М.: ФУГП ГКЗ, 2007. – 29 с.
4. Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края: энциклопедия / гл. ред. А.И. Кудряшов, зам. гл. ред. Б.М. Осовецкий. – Пермь: Книжная площадь, 2006. – 464 с.
5. Наумов В.А., Наумова О.Б., Пушкин С.А. и др. Перспективы попутного получения минерального сырья при строительстве железной дороги «Белкомур» // Эколого-экономические проблемы освоения минерально-сырьевых ресурсов: Материалы междунар. научн. конф. – Пермь, 2005. – С.190-191.

6. Наумов В.А., Осовецкий Б.М. Илалтдинов И.Я. и др. Золото Верхнекамской впадины. – Кудымкар: Коми-Пермяцкое кн. изд-во, 2003. – 218 с.

Рецензенты:

Наумова О.Б., д.г.-м.н., профессор, зав. кафедрой поисков и разведки полезных ископаемых Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.

Середин В.В, д.г.-м.н., профессор, генеральный директор научно-исследовательского, проектного и производственного предприятия по природоохранной деятельности «Недра», г. Пермь.

Работа получена 23.08.2011.