

Использование ИММ-технологии для защиты литосферы при проведении работ по рекультивации загрязненных городских территорий

Жабриков Станислав Юрьевич,
главный инженер проекта
ООО «НТЦ «Технологии XXI века»
E-mail: zhabrikov@nw-tech.ru

В статье рассмотрены геоэкологические аспекты применения интеграционной минерально-матричной технологии (ИММ-технологии) в процессе производства работ по рекультивации загрязненных городских территорий. Показано, что использование данной технологии способно минимизировать негативное антропогенное воздействие на литосферу, оказываемое загрязненными участками, а получаемый материал – грунт укрепленный техногенный (ГУТ) способен не только предотвращать миграцию поллютантов в окружающую среду, но и интегрироваться в оборот товарно-материальных ценностей на участке производства работ. Приведен пример использования ИММ-технологии и применения ГУТ при производстве работ по рекультивации нарушенной территории (бывшего золоотвала ТЭЦ-2, г. Санкт-Петербург). Проведено сравнение экономических показателей строительства ограждающей конструкции котлована, выполненных двумя методами: с применением ГУТ, изготовленного из местных глинистых грунтов и золошлаковых отложений и типовым методом, при помощи технологии буронабивных свай. Ключевые слова: интеграционная минерально-матричная технология, грунт укрепленный техногенный, геоэкология, рекультивация нарушенных территорий.

Интенсивное развитие городов в России и расширение границ крупных мегаполисов вызывает необходимость освоения не только пригородных территорий, но и территорий ранее занятых крупными промышленными предприятиями и местами размещения промышленных отходов различного происхождения, построенных или образованных, как правило, в советский период. Кроме того, в силу бытовавшего в прошлом веке халатного отношения к вопросам охраны окружающей среды и неразвитости такого направления как геоэкологическое проектирование, селитебные территории, нарушенные техногенным воздействием, на протяжении десятилетий являлись и продолжают являться источником миграции загрязнителей в почвы и грунтовые воды.

Среди подобных нарушенных территорий, оказывающих влияние на экологическую обстановку в г. Санкт-Петербурге, особое место занимают места размещения золошлаковых отходов, образующихся при сжигании органического топлива (в первую очередь угля и горючих сланцев). Угли и горючие сланцы изначально характеризуются повышенными содержаниями многих металлов и токсичных элементов, могут содержать высокие концентрации радионуклидов. В результате сжигания происходит резкое обогащение зольной части тугоплавкими и редкоземельными элементами, радионуклидами. Особенно характерно обогащение для свинца, кадмия, вольфрама, ртути, мышьяка, стронция, германия, а также других элементов первых двух классов опасности [1].

Основными компонентами золошлаковых отходов, образующихся при сжигании твердых топлив, являются оксиды кремния (19-65%) и алюминия (3-39%) и несгоревшие частицы топлива (7-23%). Кроме того, в состав зольных отходов входят одни из самых основных поллютантов – ионы тяжелых металлов и металлоидов, так, например, в водной вытяжке (при pH около 10) обнаруживается содержание Cu 0,05, Pb 0,2, Zn 0,25 и As 0,06 мг/л. По данным многочисленных источников доля подвижных форм Cr, Ni и Co на различных золоотвалах не превышает 1-2% (от валового их содержания), Mn достигает 20%, Pb и Zn – 30%, а Cd – 20-80%. Наибольшие концентрации имеют типоморфные для углей химические элементы – Ag, As и Hg [2,3].

История развития энергетики нашей страны связана с преобладающим длительное время использованием твердого топлива, в основном, угля. Повсеместная замена твердого топлива на газ была начата в Санкт-Петербурге в 70-х годах прошлого столетия и в основном была завершена к началу 2000-х годов. В результате многолетней деятельности энергетического сектора на территории города были сформированы как специально организованные золоотвалы при гидромеханизированной технологии удаления зольных остатков (ТЭЦ-2, ТЭЦ-5, ТЭЦ-7, ТЭЦ-14 Ленэнерго), так и стихийно организованные места размещения зольных остатков от котельных при сухом методе удаления зольных остатков. Зольные остатки от котельных использовались для отсыпки территорий (подъем уровня промышленных площадок), например, на Петровском острове и для прокладки дорог. Золоотвалы отличаются концентрированным размещением мелкодисперсных зольных остатков с гранулометрическим составом, практически совпадающим с таковым пылеватых песков. Объем накопленных в золоотвалах зольных остатков измеряется десятками миллионов кубометров. Площадь земельных участков, занятых золоотвалами на территории Санкт-Петербурге может превышать тысячи гектар (точные сведения отсутствуют), при этом они расположены в основном на берегах крупных водоёмов и водотоков. Кроме того, зачастую вместе с зольными остатками в золоотвалах захоранивались отходы химической промышленности и бытовые отходы (например, золоотвалы ТЭЦ-2 Ленэнерго). Отсутствие специальных дренажных систем золоотвалов после их намыва способствует значительному загрязнению геологической среды. Так как основанием золоотвалов служат грунты естественного сложения с преобладанием в геологических условиях Санкт-Петербурга в кровле заторфованных грунтов, то гидрорежим золоотвала с обязательностью при-

водит к значительному загрязнению подстилающих грунтов. Наблюдается также вынос пылевой фракции зольных остатков через песчаные разности подстилающих грунтов в грунты вне территории золоотвалов. Эти факторы определяют золоотвалы как существенную угрозу окружающей среде, в том числе литосферы.

Технология работ по рекультивации золоотвалов зависит от дальнейшего назначения территории. При передаче территории золоотвала под жилищное строительство все зольные остатки, а также подстилающие загрязненные грунты должны быть удалены и заменены на чистые или условно чистые грунты. При передаче территории золоотвала под строительство промышленных и торгово-развлекательных объектов основными критериями рекультивации служат укрыв зольного массива и прекращение дренирования загрязненных грунтов вод вне территории. Учитывая, что город крайне заинтересован в освоении не используемых территорий, а работы по рекультивации зачастую финансируются из городского бюджета, то крайне актуальной является задача поиска экономичных и экологически эффективных методов восстановления территорий золоотвалов, в целях их дальнейшего использования для нужд жилищно-гражданского строительства мегаполиса.

Наиболее распространенным методом рекультивации нарушенных антропогенной деятельностью человека территорий сегодня является выемка, представляющих опасность для окружающей среды и здоровья населения, загрязненных грунтов, и дальнейшее размещение их на специализированных полигонах хранения [7]. В целях оптимизации логистических затрат на их перевозку, исполнитель работ выбирает как правило самый ближайший к месту проведения работ полигон, дальность до которого не превышает 30 - 60 км. При этом, так как зольные остатки представляют собой тиксотропные обводненные грунты, то при их размещении на полигонах ТКО образуются мощные массивы медленно консолидирующейся «жижы», что может приводить к выносу части зольных остатков за пределы этих полигонов. Это усиливает экологическую нагрузку от полигонов ТКО на окружающую среду. Учитывая быстрое развитие города, возникает необходимость повторной рекультивации вновь образованных полигонов ТКО-золоотвалов, что порождает возникновение бесконечного цикла выемки и вывоза

загрязненных грунтов с одного полигона на другой, затрачивая на этот процесс с каждым разом все более и более значимые ресурсы. Подобный подход, с экологической точки зрения, приводит к нарастающему негативному воздействию на литосферу, так как с одной стороны не решает вопрос распространения загрязнителей, а с другой приводит к необходимости добычи значительного количества нерудных природных строительных материалов, необходимых для замещения извлеченного загрязненного грунта. Последнее приводит к необходимости разработки дополнительных карьеров, в том числе несанкционированных.

Выходом из сложившейся ситуации может послужить применение при производстве рекультивационных работ интеграционной минерально-матричной технологии (ИММ-технологии), позволяющей получать грунт укрепленный техногенных (ГУТ) с использованием строительных и промышленных отходов, а также загрязненных почв.

Данный метод получил свое название потому, что при правильном подбором подобранных компонентах системы происходит суммирование потенциальных положительных химических свойств всех ее составляющих, а также их механических характеристик. Научной основой способа является теория синтеза неорганических вяжущих веществ в дисперсных минеральных средах, основанная на минерально-генетической концепции и теории оптимальных механических смесей (конгломератов), отличающихся повышенной плотностью, пониженной пористостью и, в результате этого, улучшенными прочностными и другими свойствами [4].

Для реализации метода применяются специально трансформированные природные минеральные системы на основе глины или глинистых пород. Алумосиликаты этих пород, подвергшись интенсивному кислотно-щелочному гидролизу, преобразуются в высокодисперсную минерально-матричную систему, характеризующуюся предельным неравновесным состоянием. В результате этого она приобретает повышенную химическую активность и сорбционную емкость [5].

Данная технология была реализована в рамках работ по рекультивации территории бывшего золоотвала ТЭЦ-2 Ленэнерго, а также для строительства опытной площадки под хранение контейнеров на золоотвале ТЭЦ-14 Ленэнерго.

Грунт укрепленный техногенный изготавливался из выбранных при отрывке

котлована зольных отложений с добавлением песка, местных глинистых грунтов и минеральных вяжущих (цемента и модифицирующей комплексобразующей добавки). При этом, нормы расхода сырья и материалов на 1 тонну НПК составляли (в %): зольные отложения – 60; песок (супесь) – 20; цемент М400 – 10; модифицирующая комплексобразующая добавка (МКД) – 10 [6].

МКД представляет собой порошковую смесь на основе гидротриоксида алюминия, микродисперсных алюмосиликатов, гипосульфидных ионных комплексов, солей щелочноземельных элементов, оксидов и карбонатов кальция и магния, углеродных микродисперсных сорбентов. Цвет смеси серый или коричневый, плотность 0,5–1,3 т/м³, влажность 5–10 %.

Плотность ГУТ с = 2,0–2,1 т/м³; прочность на осевое сжатие R = 20–30 кгс/см²; коэффициент фильтрации Kf не более 10–4 м/сут; коэффициент водоустойчивости более 0,7; морозостойкость класса F5.

Одним из достоинств технологии является простота ее воплощения, позволяющая реализовать ее по средствам стандартной общестроительной техники непосредственно на месте проведения работ, при этом в товарно-материальный оборот максимально вовлекаются местные глинистые грунты и загрязненные грунты, предназначенные к вывозу на специализированные полигоны хранения. Эти факты обуславливают высокую экономическую эффективность и технологичность данного метода в сравнении с классическими способами рекультивации и строительства подпорных конструкций.

Доказательством может послужить сравнение экономических показателей строительства ограждающей конструкции котлована, протяженностью 516 м., из грунта укрепленного техногенного, полученного с использованием золошлаковых отложений при применении ИММ-технологии, и сооружение аналогичной конструкции из буронабивных железобетонных свай:

1. Типовое решение:

Материал стены – буронабивные железобетонные сваи (бетон марки В20)
Длина свай – 28 м.

Конструкция стены – два ряда свай диаметром 0,45 м., армированных арматурой

Стоимость строительно-монтажных работ – 632,93 млн. руб. (в ценах 4 квартал 2011 года)

2. С применением ИММ-технологии:

Материал стены – грунт укрепленный техногенный

Конструкция стены – сотовая структура с толщиной ребер 2 м. и шагом в плане по осям 8м.

Высота конструкции – до 12,4 м.

Стоимость строительно-монтажных работ – 90,37 млн. руб. (в ценах 4 квартал 2011 года)

Таким образом, применение IMM-технологии в решениях геоэкологических вопросов рекультивации нарушенных городских территорий, с целью защиты литосферы, имеет ряд преимуществ, в сравнении с методами вывоза загрязненных грунтов на специализированные полигоны хранения, а именно:

1. Минимизация техногенного воздействия загрязнённых грунтов на окружающую среду, за счет встраивания экотоксикантов в слабопроницаемую структуру создаваемой минеральной матрицы грунта укрепленного техногенного и предельного снижения их миграционной способности;

2. Минимизация техногенного воздействия загрязнённых грунтов на литосферу, за счет рекультивации территорий их текущего хранения и ликвидации будущих территорий, отводимых для организации специализированных полигонов хранения вывозимых загрязненных грунтов, что позволяет разорвать бесконечную цепочки выемка-размещение-выемка;

3. Минимизация техногенного воздействия при осуществлении строительных работ по рекультивации нарушенных территорий, за счет снижения количества используемых природных нерудных строительных материалов, а следовательно, сокращение территорий отводимых для организации карьеров их добычи.

4. Получение строительных материалов из грунтов, предназначенных для захоронения на специализированных полигонах, что также ведет к минимизации техногенного воздействия при осуществлении строительных работ за счет снижения количества используемых природных нерудных строительных материалов, что приводит к сокращению территорий отводимых для организации карьеров их добычи.

5. Технология является привлекательной с экономической точки зрения, что может способствовать ее широкому применению в области гражданского строительства.

Литература

1. Бобович Б.Б. Переработка промышленных отходов. М., 1999

2. Дорогутина А.О., Подлипский И.И. Эколого-геохимическая оценка состояния почво-грунтов на территории золоотвала (г. Санкт-Петербург). / Материалы XIV межвузовской молодежной научной конференции «Школа экологической геологии и рационального недропользования». СПб.: Изд-во СПбГУ, 2014, с. 187-189

3. Ионкина Д.С., Подлипский И.И. Оценка категории загрязнения золоотвала на основе анализа почв. / Материалы XV межвузовской молодежной научной конференции «Школа экологической геологии и рационального недропользования». СПб.: Изд-во СПбГУ, 2015, с. 182-183.

4. Кнатко В.М., Кнатко М.В., Щербакова Е.В. Масленникова И.С. Патент № 2162068 (Российская Федерация). Смесь для обезвреживания и литификации бытовых и промышленных отходов, а также донных осадков.// 2001.

5. Кнатко В.М., Кнатко М.В., Щербакова Е.В., Гончаров А.В. Патент № 2199569 (Российская Федерация). Смесь для обезвреживания и литификации буровых шламов и нефтезагрязненных грунтов.// 2003.

6. Кнатко М.В., Мангушев Р.А., Обухов В.П., Дмитриев И.А. Новая технология устройства площадного искусственного основания на слабых грунтах Санкт-Петербурга // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 6 (47). С. 121-126. 38.

7. Подлипский И.И. Разработка эколого-геологической концепции рекультивации объектов размещения промышленных отходов (на примере золоотвала, Санкт-Петербург) // Экология урбанизированных территорий: общественно-научный журнал. М., Изд. дом «Камертон», 2013, № 2, с. 97-106

Application of IMM-technology for protection of lithosphere in the process of land reclamation of contaminated city areas

Zhabrikov S. Yu.

JSC «STC Tekhnologii XXI veka»

The article describes the geoenvironment aspects of application integration mineral-matrix technology (IMM-technology) in the production process of reclamation of contaminated urban areas. It is shown that the use of this technology is able to minimize the negative anthropogenic impact on the lithosphere, provided contaminated sites, and the resulting material – anthropogenic consolidate soil (ACS) is able not only to prevent the migration pollutant in the environment, but also to integrate into the turnover of inventory at the site of the work. Shows an example of the use of IMM-technology and the use of ACS in the production of works for the reclamation of disturbed areas (former CHP-2, St. Petersburg). A comparison of economic indicators of the construction of the walling of the pit, performed by two methods: with the use of ACS, made of local clay soils and ash deposits and the model method, using the technology of bored piles.

Keywords: integration of mineral-matrix technology, anthropogenic consolidate soil, geoenvironment, reclamation of disturbed areas.

References

1. Bobovich B. B. Processing of industrial wastes. M., 1999

2. Dorogutina A.O., Podlipsky I.I. Ekologo-geokhimicheskaya an assessment of a condition of soils in the territory of an ash dump (St. Petersburg). / Materials XIV of the interuniversity youth scientific conference «School of Ecological Geology and Rational Subsurface Use». SPb.: Publishing house of St.Petersburg State University, 2014, page 187-189

3. Ionkina D. S., Podlipsky I.I. Otsenk of category of pollution of an ash dump on the basis of the analysis of soils. / Materials XV of the interuniversity youth scientific conference «School of Ecological Geology and Rational Subsurface Use». SPb.: Publishing house of St.Petersburg State University, 2015, page 182-183.

4. Knatko V. M., Knatko M. V., Scherbakov of E.V. Maslennikov I.S. Patent No. 2162068 (Russian Federation). Mix for neutralization and lithification of household and industrial wastes, and also ground осадков.//2001.

5. Knatko V. M., Knatko M. V., Scherbakova E.V., Goncharov A.V. Patent No. 2199569 (Russian Federation). Mix for neutralization and lithification of boring slimes and petropolluted грунтов.//2003.

6. Knatko M. V., Mangushev R. A., Butts V.P., Dmitriyev I.A. New technology of the device of the vulgar artificial basis on weak soil of St. Petersburg//the Messenger of civil engineers. 2014. No. 6 (47). Page 121-126. 38.

7. Podlipsky I.I. Development of the ekologo-geological concept of recultivation of objects of placement of industrial wastes (on the example of an ash dump, St. Petersburg)// Ecology of the urbanized territories: public and scientific magazine. M, Prod. house «Tuning fork», 2013, No. 2, page 97-106