

УДК 628.32: 504.054

Д. Р. Маилян, А. В. Олейникова, Ю. А. Попова

ЭКОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ОСАДКОВ ВОДОПРОВОДНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Проведено комплексное исследование и дана оценка технологических и экологических показателей, что позволяет рекомендовать смесь отходов углеобогащения и осадков водопроводных станций для производства строительных смесей.

Ключевые слова: отходы углеобогащения, осадки водопроводных станций, токсичность, прочностные характеристики, строительные смеси.

The authors conducted a complex research and gave an assessment of technological and ecological indexes, that allows to recommend the mixture of waste coal and water supply plants sludge for building mixtures' production.

Key words: waste coal, sludge of water supply plants, toxicity, strength properties, building mixtures.

На станциях очистки природных вод населенных пунктов или промпредприятий в зависимости от объемов и качества исходной воды образуется большое количество осадков. Наиболее простым и распространенным способом обработки осадков является их выпуск обратно в водоем без обработки или на иловые площадки для естественной сушки и последующего удаления за пределы станции. Осадки после их уплотнения и обезвоживания становятся отходами, хранение их, складирование и вывоз в отвалы требуют значительных площадей и экономических затрат.

Вместе с тем, осадки представляют собой влажную органо-минеральную смесь, состав которой зависит от качества обрабатываемой исходной воды, применяемых реагентов и т. п. Минеральными составляющими большинства водопроводных осадков являются каолинит, монтмориллонит, гидрослюды, гидроксиды алюминия, кремния, железа, щелочных металлов, кварц. Высокое содержание в водопроводном осадке гидроксидов алюминия, кальция и кремния предопределило целесообразность введения его в состав различных строительных смесей в качестве алюминатной добавки при производстве пенобетона, керамического кирпича и т. д., в состав термоизоляционной массы, предназначенной для термоизоляции тепловых печных агрегатов. Также осадки могут использоваться в составе антикоррозионных покрытий для защиты бетонных и металлических поверхностей.

Химический состав водопроводных осадков, включающий в себя оксиды, азот, фосфор, калий в легко доступной для растений форме, определяет возможность использования их в сельском хозяйстве. Имеются данные об их применении в качестве средства защиты многолетних бобовых растений от клубеньковых долгоносиков. При использовании осадков водопроводных станций в качестве удобрения наблюдалось повышение урожайности на 10...15 %, отмечено также, что растения не поражались листовой ржавчиной, так как в удобряющем водопроводном осадке присутствуют соли алюминия, способствующие повышению устойчивости растений к грибковым заболеваниям.

Особенности состава водопроводных осадков и отходов обогащения угля позволяют предположить возможность их совместного применения в производстве строительных материалов, решив одновременно проблему утилизации двух многотоннажных отходов. Для этого необходимо оценить их технологические и экологические показатели.

На первом этапе нами были проведены исследования токсичности смесей отходов углеобогащения и различных осадков водопроводных станций. Исследование токсичности проводилось по двум методикам — фитотестирование с применением в качестве тест-растения редиса розового с белым кончиком (*Raphanus sativus* var. *radicula*) и биотестирование с инфузориями *Tetrachimena ruyiformis* и *Paramecium caudatum* 1—4-недельного возраста.

В состав исследуемых отходов углеобогащения (шахта Обуховская, Ростовская область) входили: кварц (SiO_2 , содержит примеси Al, Fe, Ca, Mg, Na, K), полевые шпаты, слюды, карбонаты, гиббсит, гематит (Fe_2O_3 , содержит примеси Ti до 11 %, Al до 14 %, Mg до 17 %), гетит и слоистые алюмосиликаты.

Проведенное фитотестирование показало, что водная вытяжка оказывает стимулирующее действие на прорастание семян редиса. При соотношении отходов фракции 1,5...2,5 мм к воде 1 : 1 прирост биомассы по отношению к контролю (дистиллированная вода) составляет 19 %, а при соотношении 1 : 10 — 3 %. В результате биотестирования с инфузориями выявлено, что водная вытяжка при соотношении отходов фракции 1,5...2,5 мм к воде 1 : 1 и 1 : 10 не оказывает токсического воздействия на инфузории, изменений в поведении особей, таких как снижение скорости передвижения, изменение траектории движения («вращение» на месте, полная остановка), уменьшение количества клеток. Это позволяет сделать вывод об отсутствии токсических свойств у исследуемых отходов углеобогащительной фабрики.

Также нами была исследована токсичность осадков водопроводных станций, применяющих различные коагулянты (оксихлорид алюминия и ВПК-402). Данные осадки представляли собой сложную органо-минеральную смесь, содержащую многие ценные элементы. Преимущественно минеральными составляющими большинства осадков являются каолинит, монтмориллонит, гидрослюды, гидроксиды алюминия, кремния, железа, щелочных металлов, кварц.

При фитотестировании наблюдался значительный прирост биомассы редиса (25...30 %), что объясняется наличием большого количества органических соединений. При проведении биотестирования с инфузориями было выявлено незначительное снижение скорости их передвижения. Других изменений в поведении тест-объектов не наблюдалось, что позволяет сделать вывод об отсутствии острой токсичности исследуемых осадков.

Из полученных данных следует вывод о санитарно-гигиенической возможности утилизации отходов углеобогащения и осадков водопроводных станций в производственных целях, в т. ч. в строительстве.

На втором этапе были проведены исследования прочностных показателей смесей отходов углеобогащения и осадков водопроводных станций при производстве строительных смесей. Исследование производили в лабораторных условиях реализации полного факторного эксперимента типа 2^3 [1].

Факторами, определяющими процесс, были приняты (табл. 1): X_1 — объем отхода (осадка), мл; X_2 — доза отхода углеобогащения, г; X_3 — влажность осадка.

Параметрами оптимизации являлись: предел прочности на сжатие, кгс/см² (Y_1); предел прочности на изгиб, кгс/см² (Y_2).

Таблица 1

Значение уровней и интервалов варьирования факторов процесса

Фактор	Нулевой уровень 0	Верхний уровень +	Нижний уровень –	Интервал варьирования
X_1	50,0	100,0	0,0	50,0
X_2	30,0	50,0	10,0	60,0
X_3	75,0	100,0	50,0	25,0

Примечание: величины максимальных и минимальных значений уровней факторов установлены исходя из предварительно проведенной серии пассивных экспериментов.

Опыты проводились в 2-х повторностях, согласно составленной нами матрице планирования эксперимента в порядке, определенном по таблице случайных чисел.

Целью эксперимента было получение уравнения регрессии вида $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$, адекватно описывающего процесс и позволяющего оценить вклад каждого из указанных факторов и их взаимодействий в его реализацию (табл. 2).

Из смесей в соответствии с условиями активного эксперимента готовили для определения прочности на сжатие кубы длиной ребра 70,7 мм и прочности на растяжение при изгибе призмы квадратного сечения (40 × 40 × 160, мм) согласно ГОСТ 5802—86 «Растворы строительные. Методы испытаний».

Таблица 2

Матрица планирования и результаты эксперимента

№ опыта	Фактор процесса			Сжатие $Y_1^э$	Изгиб $Y_2^э$
	X_1	X_2	X_3		
1	–	–	+	310	315
2	–	+	+	300	288
3	+	–	+	212	295
4	+	+	+	113	135
5	–	–	–	270	270
6	–	+	–	250	282
7	+	–	–	196	206
8	+	+	–	114	146

Оценку однородности дисперсий экспериментальных данных выполняли по критерию Кохрена. Установлено, что во всех опытах $G_{\text{табл}} > G_{\text{экс}}$, поэтому дисперсии однородны, что свидетельствует о достоверности получения результатов. Проверку значимости коэффициентов уравнений регрессии проводили по t_t — критерию Стьюдента.

После исключения незначимых коэффициентов $|b_3^2| < b_t$ уравнения регрессий примут вид:

$$Y_1 = 26 - 11,48X_1 + 26,38X_2 + 13,13X_3 - 18,88X_1X_2 + 9,38X_1X_3 - 0,88X_2X_3, \quad (1)$$

$$Y_2 = 30 - 46,63X_1 - 29,34X_2 + 16,13X_3 - 25,63X_1X_2 + 3,38X_1X_3 - 17,38X_2X_3. \quad (2)$$

Проверку адекватности уравнений регрессии выполнили по критерию Фишера, что дает основание для технологической интерпретации процесса и режимных параметров приготовления смеси.

Анализируя алгебраически (1), (2), можно видеть, что для повышения предела прочности на сжатие Y_1 следует уменьшать количество вводимого водопроводного осадка X_1 при одновременном увеличении массы отходов углеобогащения и влажности осадка X_2 и X_3 . Однако это приведет к уменьшению Y_1 в эффекте взаимодействия X_1X_2 . Оценим величину Y_1 , приняв в кодированных переменных соответствующие позитивному вкладу значения факторов на верхнем или нижнем уровне.

Тогда:

$Y_1 = 26 - 11,48 \cdot 0 + 26,38 \cdot 1 + 13,13 \cdot 1 - 18,88 \cdot 0 \cdot 1 + 9,38 \cdot 0 \cdot 1 - 0,88 \cdot 1 \cdot 1 = 64,7$, что соответствует (см. табл. 2) пределу прочности на сжатие 310 кг/см².

Для Y_2 влияние компонентов смеси на предел прочности на изгиб иное: для повышения необходимо уменьшать X_1 и X_2 , увеличивая X_3 . При подстановке значений +/- в Y_2 имеем = 46,13, что соответствует (табл. 2) пределу прочности на изгиб 315 кг/см². Полученные данные свидетельствуют о достаточно хороших прочностных характеристиках бетонных растворных смесей на основе осадков водопроводных сооружений и ОПУШ.

Таким образом, комплексное исследование технологических и экологических показателей позволяет рекомендовать смесь отходов углеобогащения и осадков водопроводных станций для производства строительных смесей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 354 с.

1. Adler Y. P. Planirovanie experimenta pri poiske optimalnykh uslovi. M.: Nauka, 1976. 354 s.

© Маляян Д. Р., Олейникова А. В., Попова Ю. А., 2012

Поступила в редакцию
в феврале 2012 г.

Ссылка для цитирования:

Маляян Д. Р., Олейникова А. В., Попова Ю. А. Эколого-технологическая оценка применения осадков водопроводных станций для производства строительных смесей // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 1(20).