

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД (ОСВ) В РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

О. Г. Берлякова, Н. Б. Ермак, Л. И. Линдина

В статье идет речь об осадке сточных вод городских очистных сооружений (ОСВ) как перспективном нетрадиционном ресурсе рекультивации техногенно нарушенных земель; приведен обзор использования ОСВ для рекультивации за рубежом; даны агротехнические характеристики ОСВ. Рассматривается демонстрационный проект рекультивации дамбы шламохранилища ОАО «ЗСМК» с применением ОСВ. Приведен анализ динамики процессов формирования почвенно-растительного комплекса на рекультивированном объекте.

In article there is a speech about a deposit of sewage of city clearing constructions (OSV) as a perspective non-conventional resource of land improvement the broken grounds; the review of use OCB for land improvement abroad is given; agrotechnical characteristics OSV are given. The demonstration project of land improvement a dam storehouse waste products the enterprise «ZSMK» with application OSV is examined. The analysis of dynamics processes formation a soil-vegetative complex on object of land improvement is given.

Ключевые слова: рекультивация нарушенных земель, шламохранилище, почвоулучшители, первичный почвенно-растительный комплекс.

Одним из важнейших вопросов, решаемых при разработке проекта рекультивации нарушенных земель, является подбор технологии формирования плодородного почвенного слоя с применением следующих ресурсов рекультивации:

- потенциально-плодородные породы (в Кемеровской области – это в основном суглинистые отложения);
- плодородный слой почвы (гумусово-аккумулятивный горизонт);
- нетрадиционные почвоулучшители, существенно улучшающие важнейшие свойства технозема.

Зачастую нетрадиционные почвоулучшители являются органосодержащими отходами, в таком случае применение их в качестве нетрадиционных удобрений является наиболее привлекательным. В Кемеровской области к числу хорошо зарекомендовавших себя в экспериментах почвоулучшителей следует отнести цеолиты, сапропели, торф и осадки городских сточных вод (ОСВ).

Одни из них (торф, сапропели и ОСВ) способствуют активизации биологических процессов, протекающих в почвах, другие (цеолиты, ОСВ) – улучшают физические и физико-химические свойства породы.

В связи с ограниченностью запасов этих ресурсов и их крайне неравномерным, локальным распространением, ширококомасштабное использование их в целях рекультивации нарушенных земель практически невозможно.

Однако при некоторых видах рекультивации, например, при рекультивации техногенных ландшафтов с фитотоксичными породами или с рыхлыми, но малоплодородными породами, использование почвоулучшителей может оказаться очень полезным.

Но следует учитывать, что применение отходов может сопровождаться рядом серьезных негативных процессов. При утилизации органосодержащих отходов промышленного производства возможно загрязнение почв, растительного покрова территории и природных вод тяжелыми металлами и органическими поллютантами, патогенной микрофлорой и экологически опасным увеличением содержания в почве биогенных элементов.

Снижение негативного воздействия на окружающую среду может быть достигнуто двумя способами.

1. Разработка безопасных технологий применения нетрадиционных удобрений (дозы внесения, способы заделки в почву, выбор культур и т. д.).
2. Улучшение качества органосодержащих отходов путем их переработки (компостирование, сбраживание).

Важнейшими условиями использования нетрадиционных почвоулучшителей являются проведение предварительной экспертизы санитарно-гигиенического состояния, обеззараживание, механическая и химическая подготовка.

Для реставрации почвенного покрова целесообразно использовать ресурсы, имеющиеся вблизи рекультивируемого объекта. В связи с этим в Кузбассе для восстановления техногенно нарушенных ландшафтов целесообразно использовать осадок сточных вод городских очистных сооружений городов Кемеровской области.

Осадок сточных вод городских очистных сооружений в течение нескольких последних десятилетий использовался в ряде европейских стран при рекультивации техногенных ландшафтов:

- в сельском хозяйстве и при восстановлении территорий, занятых промышленными отходами (Польша, Верхняя Силезия);
- для герметизации оснований и боковых откосов полигонов и гидротехнических сооружений, для выращивания сельскохозяйственных культур (Австрия);
- при рекультивации железорудных отвалов (Швеция);
- для улучшения качества почв при рекультивации участков горных выработок (США – Западная Пенсильвания, Центральные и Южные Аппалачи; штаты Иллинойс, Вирджиния);
- при восстановлении почвенного покрова в горной местности, нарушенного при эрозии и прокладке горнолыжных трасс (Франция);
- для рекультивации свалок (Германия).

Для демонстрационного проекта рекультивации дамбы шламохранилища ОАО «Западно-Сибирский

металлургический комбинат» также был использован осадок сточных вод очистных сооружений г. Новокузнецка. В связи с тем, что на иловых картах г. Новокузнецка площадью свыше 27,5 га накоплено более 300 тыс. т ОСВ, остро стоит проблема их размещения и утилизации.

Демонстрационный проект был выполнен в рамках Федеральной целевой программы «Интеграция» специалистами лаборатории утилизации промышленных отходов (ЛПО ОАО «ЗСМК»), Западно-Сибирского испытательного центра (ЗСИЦ), кафедры ботаники КузГПА, Центра санитарно-эпидемиологического надзора, Комитета охраны окружающей среды и природных ресурсов, НПП «Экоуголь» (г. Новокузнецк), Института почвоведения и агрохимии СО РАН (ИПА СО РАН), г. Новосибирск.

Создание почвенно-растительного слоя на техногенных породах шламохранилища сокращает дефляцию, стабилизирует физико-химические процессы, укрепляет грунт дамбы. Естественному формированию дернины на поверхности техногенных пород шламохранилища препятствуют: высокая плотность субстрата ($1,8 \text{ г/см}^3$); отсутствие тонкодисперсных фракций (фракций физической глины) в породе дамбы; дефицит соединений азота (0,2-0,3 %) и фосфора (0,3-0,4 %). В целом агрохимические параметры дамбы шламохранилища не способствуют развитию фитоценозов.

В связи с достаточным для нормального развития растений содержанием необходимых макро- и микроэлементов, ОСВ классифицируется как органиноминеральное азотно-фосфорное удобрение. По сравнению с традиционными почвоулучшителями – навозом конским и навозом коровьим, ОСВ из илонакопителя характеризуется более высокой концентрацией азота и фосфора, кальция и магния. Негативное свойство ОСВ – повышенная засоленность, концентрации тяжелых металлов в ОСВ г. Новокузнецка ниже нормативных.

Использование ОСВ очистных сооружений г. Новокузнецка на породе дамбы шламохранилища ОАО «ЗСМК» позволяет стабилизировать гранулометрический состав, агрохимические показатели формируемого технотема, усреднению степени засоленности и снижению фитотоксичности пород.

На территории дамбы шламохранилища в рамках научно-исследовательской работы группой ученых в 1999-2000 г. были заложены рекультивационные площадки общей площадью 5 га путем «почвенного» размещения ОСВ. Всего заложено пять вариантов опытных площадок:

- контрольный вариант: вспашка поверхности дамбы шламохранилища на глубину 20 см;
- на второй площадке на поверхность дамбы нанесен слой ОСВ 10 см и перемешан с породой;
- в третьем варианте на поверхность участка был нанесен и перемешан с породой дамбы слой ОСВ 20 см;
- на четвертой площадке мощность слоя ОСВ составила 30 см с последующим перемешиванием;
- в пятом случае мощность слоя ОСВ 20 см с перемешиванием с породой, ОСВ обработан известью.

В июне-июле 2000 г. после технической рекультивации на распланированных участках посеяна злаково-бобовая смесь в пропорции 1:1 (люцерна, костреч, овсяница). Злаки устойчивы к экстремальным условиям, бобовые обладают почвоулучшающими свойствами.

Проведенный в октябре 2007 г. анализ направления и скорости процессов формирования почвенно-растительного комплекса на опытном участке № 5 позволил оценить эффективность примененной в 1999-2000 гг. технологии и ее перспективы при дальнейшей поэтапной рекультивации шламохранилища.

Целью проведенного исследования стал анализ формирования почвенного слоя и фитоценоза на экспериментальных рекультивированных площадках гидроотвала ОАО «ЗСМК».

Для изучения процессов педогенеза на участке № 5 по трансекте через 15 м заложены одиннадцать почвенных профилей в искусственном грунте до породы дамбы.

Для почвенных профилей рекультивированного участка характерна различная степень сформированности в связи с особенностями растительного комплекса и микрорельефа. Но в характере сложения горизонтов стало возможным выделить общие элементы и построить эталонный профиль (рис.1).

Общие закономерности сложения почвенных профилей рекультивированного участка:

1. Мощность профиля отличается от первоначальных 200 мм и составляет 90-170 мм.

2. В 65 % профилей не сформирована дерновая подстилка либо горизонт A_0 представлен неразложившимися стеблями растений, мхом. Мощность слоя колеблется от 0 до 5-10 мм. Подстилка легко отделяется от нижележащих горизонтов.

3. В большинстве случаев однозначно можно выделить гумусовый горизонт мощностью 40-80 мм темно-бурого, почти черного цвета. Отмечается водообильность горизонта, относительно высокий процент глинистых фракций. В отличие от нижнего сыпучего горизонта, гумусовый слой значительно уплотнен и несипуч. В 80 % случаев в горизонте отмечено наличие железистых конкреций (диаметром до 5 мм) и значительная загрязненность конвертерным шлаком и породой углеобогащения. Большое содержание неразложившихся органических остатков. Следы жизнедеятельности почвенной мезо- и макрофауны.

4. В четырех из одиннадцати профилей отмечена начальная стадия формирования гумусово-аккумулятивного горизонта A_2 (20-30 мм), промежуточного между гумусовым A_1 и переходным горизонтами B . Горизонт A_2 светлее гумусового, легче по гранулометрическому составу, в нем больше включений, меньше почвенной влаги и органических остатков, ниже содержание частиц физической глины. Переходы между гумусовым и гумусово-аккумулятивным горизонтами размытые.

5. Во всех профилях есть переходный слой мощностью 50-100 мм. Горизонт B легче по гранулометрическому составу, имеются фракции песка; меньше глинистых частиц. Светло-бурый цвет. Малая масса

корневой системы и органических остатков. Много железистых конкреций и антропогенных включений диаметром до 20 мм (конвертерный шлак, порода углеобогащения, графит и полевой шпат). Переход между верхними почвенными слоями и горизонтом В резкий.

6. Общее неустойчивое состояние почвенного профиля – при малой физической нагрузке в 80 %

случаев происходит отделение гумусового горизонта от переходного, который во всем объеме рассыпается.

7. Горизонт С представлен исходной породой дамбы: конвертерным шлаком и породой углеобогащения. Диаметр фракций до 150 мм. Почти полное отсутствие песчаных и глинистых фракций. Цвет определяется слагающими породами.

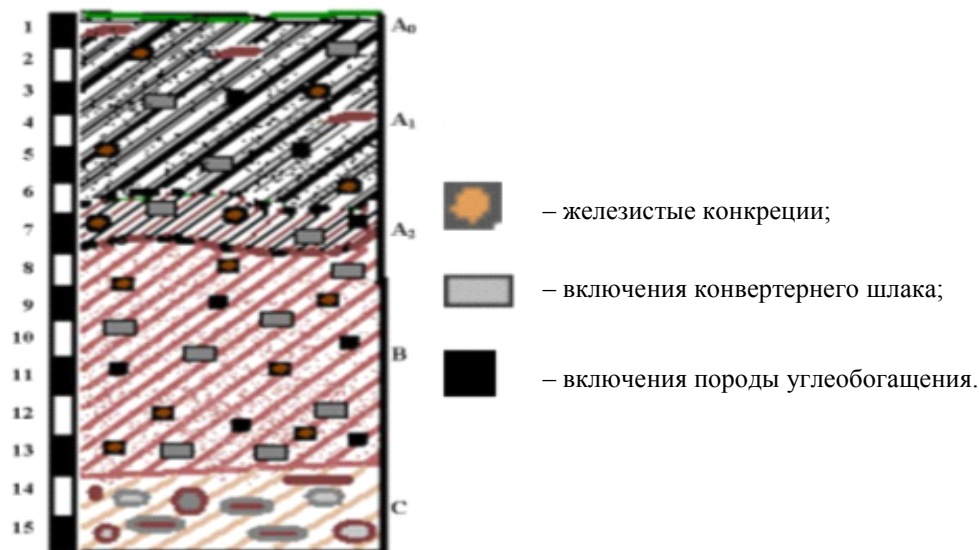


Рис. 1. Эталонный почвенный профиль рекультивированного участка дамбы шламохранилища ОАО «ЗСМК»

В лабораторных условиях для двадцати двух собранных образцов были определены концентрации гумусовых кислот – гуминовых и фульвокислот, уровень микробиологической активности.

Гуминовые кислоты ответственны за накопление гумусовых веществ в почве; фульвокислоты определяют уровень поглотительной способности почвы. Биологическая активность показывает интенсивность процессов, протекающих в почвенных горизонтах под влиянием живых организмов. На рисунках 2, 3 приведены графики, показывающие изменение концентраций гумусовых кислот и уровней биоактивности в гумусовом и переходном горизонтах.

Анализ водной вытяжки гумусового горизонта во всех случаях показал большое количество гуминовых и фульвокислот в равном соотношении. Это свидетельствует о том, что почва проходит начальную стадию развития. Большое количество детритных остатков указывает на то, что имеющееся на сегодняшний день количество почвенных кислот обеспечено в основном за счет привнесения органических соединений с ОСВ. В переходном слое для ряда образцов отмечено резкое преобладание уровня фульвокислот над гуминовыми. Этот процесс направлен на разрушение литогенной основы. В некоторых пробах в результате присутствия окислов железа снижена активность фульвокислот.

В 80 % образцов микробиологическая активность в гумусовом слое высока, что выражается в

обилии бактериальных колоний на поверхности вытяжки. Для переходного горизонта в 20 % случаев отмечена высокая микробиологическая активность. Исследование протеолитической активности образцов почвы проводилось в течение трех недель, и показало 85 % разложения органики в 36 % образцов. Выборочная высокая протеолитическая активность, по-видимому, связана со спецификой микрофитоценоза.

Сформированное в 2000 г. пионерное сообщество было представлено видами, резистентными к загрязнению окружающей среды и обладающими фитомелиоративными свойствами, акклиматизированными к местным условиям и широко представленными на территории Кемеровской области. В его состав вошли виды:

- овсяница луговая *Festuca pratensis* Huds. семейства злаки *Poaceae*;
- ежа сборная *Dactylis glomerata* L. семейства злаки *Poaceae*;
- пырей ползучий *Elytrigia repens* L. Nevski семейства злаки *Poaceae*;
- костер безостый *Bromus arvensis* L. семейства злаки *Poaceae*;
- полынь обыкновенная *Artemisia vulgaris* L. семейства сложноцветные *Asteraceae*;
- полынь горькая *Artemisia absinthium* L. семейства сложноцветные *Asteraceae* и др.

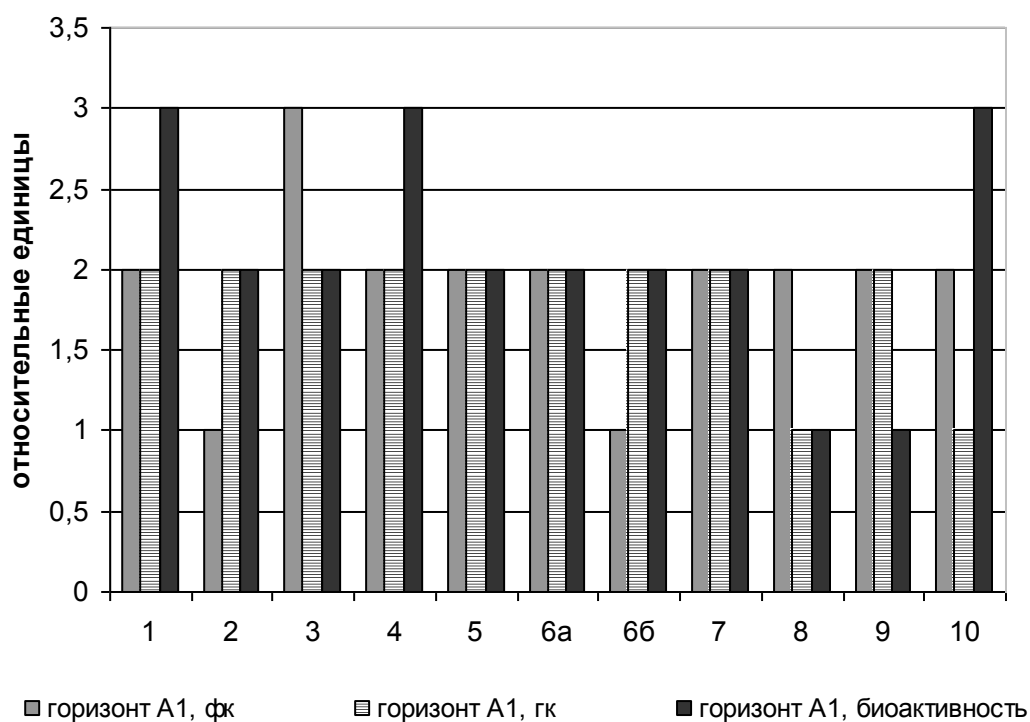


Рис. 2. Анализ основных показателей гумусового горизонта

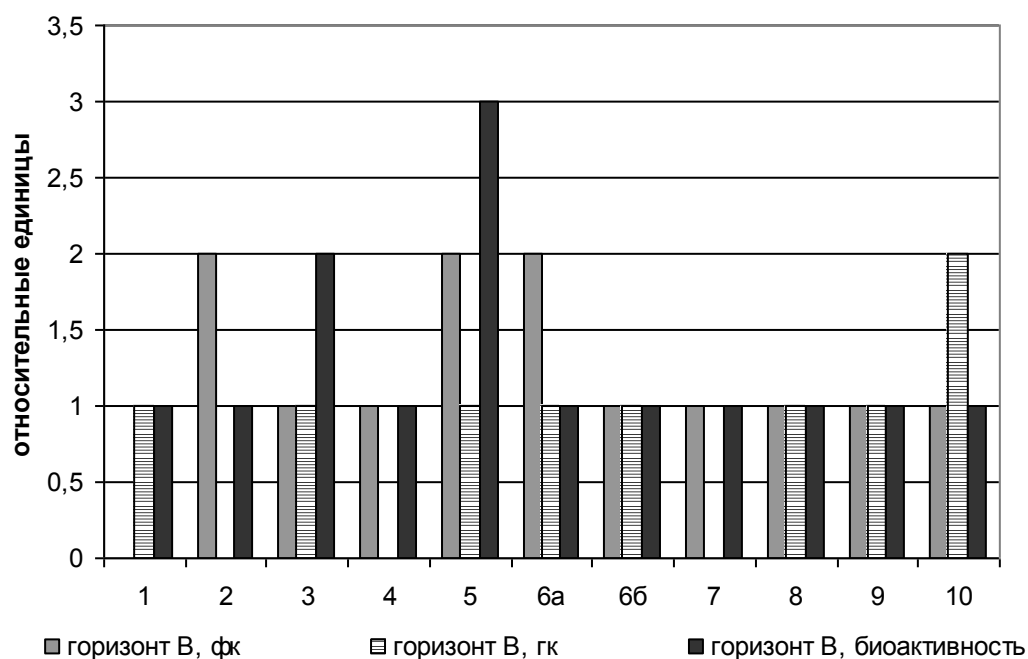


Рис. 3. Анализ основных показателей переходного горизонта

На данном участке уже сформирована первичная сукцессия лугово-разнотравного типа с отдельно стоящими деревьями. Определены 35 видов травянистых и древесных растений. Кроме видов, внесенных при рекультивации, остальные занесены на

территорию вместе с осадками сточных вод или под действием стохастических факторов. Особенность фитоценоза – представленность растений с разным типом корневой системы и восприимчивости к гид-

рологическим условиям. В силу этого, виды распределены по участку неравномерно.

Анализ участков с высокой протеолитической активностью почвенных образцов показал, что в ценозе присутствует комплекс корнестержневых растений из полыни обыкновенной *Artemisia vulgaris* L. и полыни горькой *Artemisia absinthium* L., донника белого *Melilotus albus* и донника желтого *Melilotus officinalis* L., а из злаковых – рыхлостебельной вид пырей ползучий *Elytrigia repens* L. Накопление растительного опада и привнесение в почву большого количества органических веществ активизируют микробиологические процессы в почвенном покрове, повышая эффективность рекультивации и комплексный природный потенциал территории.

В сообществе представлены 15 семейств с преобладанием сложноцветных и злаковых. Первоначальное соотношение злаковые / бобовые 1:1 изменилось, на сегодняшний день представителей семейства сложноцветные почти в два раза шире представлены, чем представители семейства злаковые.

Проведенное исследование почвенного покрова и сформированного растительного комплекса рекультивированных площадок шламохранилища ОАО «ЗСМК» позволяет сделать следующие выводы.

1. Созданный технозем в настоящий момент проходит начальную стадию развития. Почвенные горизонты практически не связаны между собой физико-химическими и биологическими процессами.

2. В результате уплотнения почвенных горизонтов, процессов миграции вещества и эрозии ОСВ, мощность почвенного профиля уменьшается.

3. На всей глубине почвенный профиль сильно загрязнен тяжелыми фракциями конвертерного шлака и угольной породы.

4. Высокая влагообильность верхних слоев почвы способствует закислению почвенного покрова, что характеризуется обилием железистых конкреций.

5. В 35 % почвенных профилей можно отметить начало формирования гумусово-аккумулятивного горизонта в почвенном профиле.

6. Тип гумусово-аккумулятивного горизонта складывается по характерному для лугово-разнотравных сообществ гуматному типу. Уровень гуминовых кислот пока имеет показатель, характерный для начальной стадии развития.

7. Внесение ОСВ во многом обеспечивает современный уровень сформированности гумусового горизонта, естественные процессы разложения растительного опада отличаются невысокой активностью.

8. Сформированная первичная сукцессия лугово-разнотравного типа отличается от пионерного сообщества, сформированного в процессе рекультивации.

9. Одновременно с ростом видового разнообразия расширяется спектр представленных семейств. Особенно широко представлено семейство сложноцветных.

10. В пределах сформировавшегося фитоценоза виды растений распространены неодинаково в связи с неравномерностью природно-климатических условий.

11. Высокая микробиологическая активность на современном этапе почвогенеза отмечается в микроценозах с достаточным увлажнением и доминированием видов, формирующих низкую плотность дернины и поставляющих большое количество органики в почву: полыни обыкновенной *Artemisia vulgaris* L. и полыни горькой *Artemisia absinthium*, донника белого *Melilotus albus* и донника желтого *Melilotus officinalis* L., пырея ползучего *Elytrigia repens* L.

12. Выявленная динамика почвообразовательных процессов и формирования растительного сообщества на рекультивированной площадке позволяет сделать заключение о перспективности применения нетрадиционного почвоулучшителя – осадка сточных вод городских очистных сооружений для реставрации техногенных ландшафтов.

Литература

1. Разработка технологии рекультивации шламохранилища ЗСМК [Текст]: отчет о НИР / ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат» (ОАО «ЗСМК»); исполн. В. А. Андроханов, А. С. Водолеев, Е. П. Волынкина и др. – Новокузнецк, 2000. – 91 с.

2. Вальков, В. Ф. Почвоведение – учебный курс: учеб. для вузов [Текст] / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – М.: Издательский центр «МарТ», 2004. – 496 с.

3. Андроханов, В. А. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция [Текст] / В. А. Андроханов, Е. Д. Куляпина. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2004. – 152 с.