

производственная и преддипломная, что, конечно, отрицательно сказывается на уровне подготовки специалистов.

Выводы

Двадцатилетняя работа над понятием «природообустройство» и опыт его применения в образовательном процессе показали жизненность и объективную необходимость введения данного понятия, позволили сформулировать его содержание, поставить задачи и обозначить объекты деятельности, разработать общероссийские государственные образовательные стандарты, рабочие учебные планы и программы, подготовить базовый учебник.

Сформулированы основные положения теории природообустройства, которая продолжает развиваться, благодаря чему происходит фундаментализация обучения специалистов по данному направлению, что должно быть свойственно техническим университетам. Проанализированы методологические подходы при решении задач природообустройства.

1. Природообустройство / А. И. Голованов [и др.] – М.: КолосС, 2008 – 552 с.

2. Голованов А. И. Становление и развитие теории природообустройства // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010. – № 5. – С. 18–22.

3. Голованов А. И. Методология в мелиорации // Природообустройство. – 2009. – № 4. – С. 5–16.

4. Голованов А. И., Орлов Р. М. Методологические аспекты мелиоративных наук // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1987. – № 4. – С. 28–35.

Материал поступил в редакцию 13.05.13.

Голованов Александр Иванович, доктор технических наук, профессор

Тел. 8 (916) 341-35-51

E-mail: a.i.golovanov@mail.ru

Галямина Ирина Геннадьевна, проректор по учебно-методической работе, профессор

Тел. 8 (499) 976-37-95

E-mail: i.galyamina@yandex.ru

УДК 502/504:631.61:628.3

В. И. СМЕТАНИН, В. Н. ЗЕМСКОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ СПЕЦИАЛЬНО ПОДГОТОВЛЕННОГО ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Использование ненарушенных земельных территорий для строительства полигонов под отходы нецелесообразно с экологической точки зрения, так как остаются большие территории земель, нарушенные карьерными выработками. Размещение отходов на выработанном пространстве карьеров – альтернативное направление рекультивации горных выработок. Одновременно решаются две важнейшие задачи – восстановление ландшафта и безопасное размещение отходов. Поскольку объем карьерных выработок велик, коммунальные и промышленные отходы могут стать потенциально значимым материальным ресурсом для их рекультивации.

Осадки сточных вод (ОСВ), рекультивация нарушенных земель, рекультиванты (специально подготовленные ОСВ), уплотнение грунтов и их смесей, коэффициент фильтрации и др.

Usage of unbroken land areas for building wastes polygons is not feasible from the ecological point of view due to the fact that large land areas remain broken by strip mining. Placement of wastes on the worked-out pits is an alternative direction of mining reclamation. Simultaneously two most important problems are solved – reclamation of landscape and safe placement of wastes. As the volume of strip mining is great, municipal and industrial wastes may become potentially significant material resource for their reclamation.

Sewage sludge (SS), reclamation of broken lands, recultivants (specially prepared SS), compaction of soils and their mixtures, filtration factor etc.

Согласно ГОСТ Р 54535–2011, в качестве заполнителя тела карьерной выработки рекомендуется использовать отходы, которые относятся к группе «отходы от водоподготовки, обработки сточных вод и использования воды». Они образуются на сооружениях механической, биологической и физико-химической очистки поверхностных и подземных вод, сточных вод поселений и близких к ним по составу производственных сточных вод (осадки сточных вод – ОСВ) [1].

Отходы, к которым относятся ОСВ, имеют потенциальную экологическую опасность. В связи с этим использование осадков сточных вод в качестве рекультивационных материалов требует соблюдения особых требований к их размещению в окружающей среде: обеспечения высокой степени инженерной защиты геологической среды от проникновения загрязняющих веществ, использования технологий предварительной подготовки перед размещением, применения современных методов складирования.

Основным природоохранным элементом при рекультивации выработанных карьеров с использованием в качестве рекультиванта ОСВ является наличие в основании слабопроницаемых грунтов или создание противодиффузионного экрана [2]. В практике естественные геохимические барьеры встречаются достаточно редко, поэтому сооружают искусственные противодиффузионные экраны, которые должны исключать или сводить к минимуму загрязнение окружающей среды.

Противодиффузионные экраны подразделяют на защитные экраны основания и защитные экраны поверхности (финальное перекрытие). По виду используемого материала различают экраны, сооружаемые из естественных минеральных грунтов (глины или суглинки), и экраны из синтетических или геосинтетических материалов.

Синтетические экраны (геомембраны) изготавливают из полимерных материалов на основе полиэтилена высокой плотности (HDPE) или полиэтилена низкой плотности (LDPE), геосинтетические экраны выполняют в виде бентонитовых матов [2].

Выработанные карьерные разработки представляют собой в основном выемки огромного размера. При восстановлении их гипсометрических уровней часто используют осадки сточных вод. В результате заполнения выработанного пространства карьера таких осадков внутри, как правило, формируется техногенный водоносный горизонт, основной приходной статьей

которого является инфильтрация атмосферных осадков. Инфильтрация осадков в техногенных грунтах существенно превышает инфильтрацию влаги в естественных грунтах и может достигать 40 % от годовой суммы атмосферных осадков.

Устройством противодиффузионных экранов в основании рекультивируемых участков создаются условия к образованию техногенного водоносного горизонта, уровни которого могут превышать естественные уровни подземных вод (рис. 1) [2].

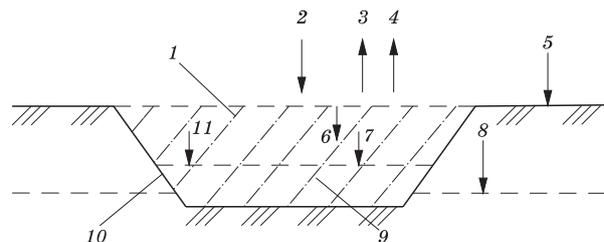


Рис. 1. Схема частного водного баланса для рекультивируемого участка: 1 – техногенные грунты, использованные при рекультивации; 2 – атмосферные осадки; 3 – испарение; 4 – транспирация; 5 – уровень дневной поверхности земли; 6 – инфильтрация; 7 – инфильтрационное питание техногенного водоносного горизонта; 8 – естественный уровень грунтовых вод; 9 – зона полного водонасыщения; 10 – противодиффузионный экран; 11 – уровень техногенного водоносного горизонта

Величина инфильтрации атмосферных осадков в тело полигона – ведущий фактор, влияющий на интенсивность протекания физических биохимических процессов в толще осадков сточных вод и их смесей и определяющий количество образующегося фильтрата и биогаза. Фильтрат и биогаз, формирующиеся в анаэробной толще техногенных грунтов, являются основными агентами воздействия осадков сточных вод и их смесей на окружающую среду.

Фильтрат часто представляет собой раствор с содержанием тяжелых металлов, таких как Cr, Cd, Hg, Cu, Pb, Co, Zn, Mo, а также патогенных организмов и других загрязняющих веществ [2, 3].

Образование остаточного количества биогаза происходит в результате продолжающейся жизнедеятельности метанообразующих бактерий.

С целью изучения инфильтрации атмосферных осадков в тело карьерной выработки, заполненной рекультивантом, выполнены исследования физико-механических показателей грунтов, осадков сточных вод и

их смесей, изучена их фильтрационная способность. На рис. 2 приведены результаты исследований гранулометрических составов грунтов, осадков сточных вод и их смесей.

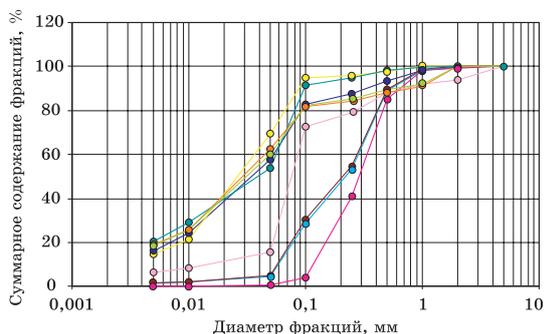


Рис. 2. Интегральные графики гранулометрических составов исследованных грунтов, осадков сточных вод и их смесей: ● суглинок; ● песок; ● ОСВ; ● ОСВ – 90, песок – 10; ● ОСВ – 70, песок – 30; ● ОСВ – 50, песок – 50; ● ОСВ – 90, суглинок – 10; ● ОСВ – 70, суглинок – 30; ● ОСВ – 50, суглинок – 50

Исследования фильтрационной способности грунтов, осадков сточных вод и их

смесей выполнены в соответствии с ГОСТ 25594–90 «Грунты. Метод лабораторного определения коэффициента фильтрации». Результаты исследований приведены в таблице.

На основании полученных лабораторных исследований построена графическая зависимость изменения коэффициента фильтрации грунтов, осадков сточных вод и их смесей в зависимости от степени их уплотнения (рис. 3).

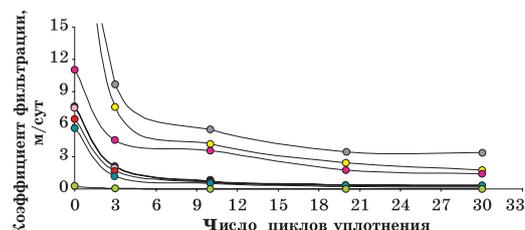


Рис. 3. Экспериментальные зависимости коэффициента фильтрации смесей осадков сточных вод с грунтом от степени их уплотнения: ● ОСВ – 100 %; ● ОСВ – 90 %, песок – 10 %; ● ОСВ – 70 %, песок – 30 %; ● ОСВ – 50 %, песок – 50 %; ● ОСВ – 90 %, суглинок – 10 %; ● ОСВ – 70 %, суглинок – 30 %; ● ОСВ – 50 %, суглинок – 50 %; ● суглинок – 100 %

Результаты лабораторных исследований изменения коэффициента фильтрации грунтов, осадков сточных вод и их смесей в зависимости от степени их уплотнения

Образец	Число циклов уплотнения	Плотность образца ρ , г/см ³	Объем профильтровавшейся воды V_w , см ³	Продолжительность фильтрации T , с	Коэффициент фильтрации K , м/сут
ОСВ – 100 %	0	0,975	176,80	240	7,6500
	3	1,420	48,10	240	2,0800
	10	1,626	16,60	240	0,7200
	20	1,654	9,70	240	0,4200
	30	1,771	8,40	240	0,3600
ОСВ – 90 % Песок – 10 %	0	0,992	256,10	240	11,0700
	3	1,392	104,20	240	4,5100
	10	1,512	81,60	240	3,5300
	20	1,668	40,40	240	1,7500
	30	1,689	32,90	240	1,4200
ОСВ – 70 % Песок – 30 %	0	1,018	760,30	240	34,1700
	3	1,407	176,70	240	7,6400
	10	1,640	96,70	240	4,1800
	20	1,696	56,20	240	2,4300
	30	1,719	40,80	240	1,7600
ОСВ – 50 % Песок – 50 %	0	1,044	944,60	240	42,4500
	3	1,434	224,80	240	9,7200
	10	1,669	128,10	240	5,5400
	20	1,740	80,10	240	3,4600
	30	1,740	77,80	240	3,3600
ОСВ – 90 % Суглинок – 10 %	0	1,009	168,30	240	7,5600
	3	1,367	46,80	240	2,0200
	10	1,668	16,10	240	0,7000
	20	1,712	8,90	240	0,3800
	30	1,712	8,20	240	0,3500
ОСВ – 70 % Суглинок – 30 %	0	1,006	144,10	240	6,4800
	3	1,382	39,30	240	1,7000
	10	1,649	14,90	240	0,6400
	20	1,721	7,40	240	0,3200
	30	1,721	6,90	240	0,3000
ОСВ – 50 % Суглинок – 50 %	0	1,015	125,40	240	5,6400
	3	1,319	27,80	240	1,2000
	10	1,595	11,70	240	0,5100
	20	1,751	4,60	240	0,2000
	30	1,768	4,30	240	0,1900
Суглинок – 100 %	0	0,310	75,00	3600	0,2300
	3	0,860	25,50	3600	0,0760
	10	1,200	3,10	3600	0,0091
	20	1,500	0,45	3600	0,0014
	30	1,550	0,45	3600	0,0014

При составлении смесей из осадков сточных вод и суглинка коэффициент неоднородности ОСВ, суглинка и их смесей практически не изменяется и находится в пределах 25 (см. рис. 2). При составлении смесей из ОСВ и песка наблюдается резкое снижение коэффициента неоднородности. По мере уплотнения ОСВ, песка, суглинка и их смесей с повышением плотности наблюдается снижение водопроницаемости (см. рис. 3).

Например:

Осадки сточных вод в разрыхленном состоянии имеют коэффициент фильтрации 7,65 м/сут ($8,85 \times 10^{-5}$ м/с), после уплотнения ОСВ до достижения максимально возможных значений плотности наблюдается снижение коэффициента фильтрации с 7,65 до 0,36 м/сут ($4,16 \times 10^{-6}$ м/с).

Смеси ОСВ с песком (10, 30 и 50 % по объему к ОСВ) в разрыхленном состоянии имеют коэффициент фильтрации соответственно 11,07; 34,17; 42,45 м/сут ($1,28 \times 10^{-4}$; $3,95 \times 10^{-4}$ и $4,91 \times 10^{-4}$ м/с). После уплотнения этих смесей до достижения максимально возможных значений плотности тенденция изменения значений коэффициента фильтрации для этих смесей сохраняется. Коэффициенты фильтрации составляют соответственно 1,42; 1,76 и 3,36 м/сут ($1,64 \times 10^{-5}$; $2,04 \times 10^{-5}$; $3,8 \times 10^{-5}$ м/с). Таким образом, по мере увеличения доз внесения песка в осадки сточных вод соответственно им возрастают и коэффициенты фильтрации этих смесей как в разрыхленном, так и уплотненном состояниях.

Смеси осадков сточных вод с суглинком (10, 30 и 50 % по объему к ОСВ) в разрыхленном состоянии имеют коэффициент фильтрации соответственно 7,56; 6,48 и 5,64 м/сут ($8,75 \times 10^{-5}$; $7,5 \times 10^{-5}$ и $6,53 \times 10^{-5}$ м/с).

После уплотнения этих смесей до достижения максимально возможных значений плотности тенденция изменения значений коэффициента фильтрации для этих смесей сохраняется. Таким образом, по мере увеличения дозы внесения суглинка в осадки сточных вод соответственно снижаются значения коэффициентов фильтрации этих смесей даже в неуплотненном состоянии – 0,35; 0,30 и 0,19 м/сут ($4,05 \times 10^{-6}$; $3,47 \times 10^{-6}$ и $2,2 \times 10^{-6}$ м/с).

Коэффициент фильтрации чистого суглинка (без добавки ОСВ и песка) в разрыхленном состоянии составляет 0,23 м/сут ($2,66 \times 10^{-6}$ м/с), после уплотнения – 0,0014 м/сут, или $1,62 \times 10^{-8}$ м/с (суглинок можно использовать для создания противofильтрационного экрана – геохимического барьера).

Выводы

Полученные результаты исследований позволяют наметить технологическую последовательность заполнения карьерной выработки:

1. Устройство противofильтрационного экрана из суглинка с коэффициентом фильтрации 0,001 м/сут (три слоя по 0,25 м каждый с отдельным уплотнением до достижения максимальной стандартной плотности при оптимальной влажности грунта);

2. Устройство переходного слоя толщиной не менее 0,6 м, состоящего из смеси песка и осадков сточных вод (70 % – ОСВ и 30 % – песок, коэффициент фильтрации 1,7 м/сут), с послойным уплотнением до достижения максимальной стандартной плотности при оптимальной влажности смеси.

3. Послойная отсыпка рекультивационного слоя из ОСВ (с послойным уплотнением каждого слоя до достижения максимальной плотности).

4. Устройство финального перекрытия, состоящего из переходного слоя и противofильтрационного экрана.

С целью снижения поступления поверхностных вод на рекультивируемую территорию с нагорной стороны необходимо предусмотреть строительство нагорно-ловчего канала, а поверхности финального перекрытия придать уклоны в сторону общего понижения естественной поверхности земли.

1. Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при размещении и использовании на полигонах: Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 54535–2011. – М.: Стандартинформ, 2012.

2. Сметанин В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления. – М.: КолосС, 2003. – 232 с.

3. Сметанин В. И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель. – М.: КолосС, 2003. – 96 с.

4. Голованов А. И., Зимин Ф. М.,

Сметанин В. И. Рекультивация нарушенных земель. – М.: КолосС, 2009. – 325 с.

Материал поступил в редакцию 04.02.13.

Сметанин Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Организация и технологии

строительства объектов природообустройства»

Тел. 8 (499) 976-07-13

Земсков Владимир Николаевич, аспирант

Тел. 8-905-749-56-32

УДК 502/504:55.16:628.3

Д. П. ГОСТИЩЕВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

А. О. ХУТОРОВА, В. А. ШИРОКОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный университет по землеустройству»

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ И ЖИВОТНОВОДЧЕСКИМИ СТОКАМИ

Загрязнение водных источников снижает экологическую устойчивость, нарушает нормальное функционирование, отражается на здоровье населения, вынужденного употреблять некачественную воду, отрицательно воздействует на флору и фауну. С помощью экономических рычагов можно сократить водозабор, улучшить очистку сточных вод, приблизиться к замкнутому водоснабжению и повторному использованию сточных вод на полях орошения.

Экологические проблемы, сточные воды, животноводческие стоки, водные ресурсы, объемы сточных вод, почвенный метод доочистки, эффективность почвенной доочистки, урожайность, качество кормов, зарубежный опыт утилизации.

Pollution of water sources lowers the ecological stability, breaks normal functioning, affects the health of people who are forced to use poor water, negatively influences flora and fauna. By means of economic levers it is possible to reduce water intake, improve waste water treatment and approach the closed water supply and waste water recycling on the fields of irrigation.

Ecological problems, waste water, livestock wastes, water resources, volumes of waste water, soil method of post-treatment, efficiency of soil post-treatment, productivity, quality of forage, foreign experience of utilization.

Качество воды в водных источниках определяется по следующим показателям: содержание солей, биохимическая потребность в кислороде, концентрация взвешенных и токсических веществ, количество солей, рН.

В нормативных документах, регламентирующих качество воды в водных источниках, рН должно находиться в пределах 6,5...8,5. При сбросе сточных вод в водные источники концентрацию токсических веществ $BГЖ_{\text{полн}}$ рассчитывают по формулам, учитывая кратность разбавления сточных

вод водой водоема. Следует помнить о недопустимости сброса сточных вод в среднюю треть глубины, так как верхняя водная поверхность движется под воздействием ветра, а нижняя треть движется в обратном направлении – от верхней трети, что характеризует среднюю треть водного источника (особенно глубокого водохранилища) как стоячую, а сброшенные сточные воды образуют стоячую линзу. Необходимо просчитать суммарную концентрацию загрязняющих веществ, что может превышать санитарно-допустимые нормы. В этом случае