

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-2-68-76>

УДК 626.87: 628.472.3: 504.062



ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТРАБОТАННЫХ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ СТИХИЙНЫХ СВАЛОК И «ПОЛИГОНОВ» ТКО НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В.И. Сметанин

ФНЦ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова»; 127434, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44, корп. 2, Россия

Аннотация. Целью исследований является поиск путей снижения негативного воздействия отработанных свалок и «полигонов» ТКО на окружающую среду. Проблема отходов – одна из самых актуальных в современности: спрос рождает производство, а потребление – отходы. В 2024 г. в России начали работу 100 объектов обработки и утилизации ТКО общей мощностью более 13 млн т, а около 40 млн т ТКО захоронены на свалках и полигонах. Не меньшую проблему представляют ТКО прошлых лет, размещенные на свалках и «полигонах» ТКО. Только в Москве насчитывается более 200 таких свалок, а в близлежащем Подмоскovie земли, нарушенные ТКО прошлых лет, составляют тысячи гектаров. Подобные территории нуждаются в выполнении работ по снижению их негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека.

Ключевые слова: рекультивация, нарушенные земли, ТКО, отработанные свалки, источники распространения загрязняющих веществ, природная среда, фильтрат, биогаз, экомониторинг

Формат цитирования: Сметанин В.И. Оценка негативного воздействия отработанных несанкционированных стихийных свалок и «полигонов» ТКО на окружающую среду // Природообустройство. 2025. № 2. С.68-76. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-2-68-76>

Scientific article

ASSESSMENT OF THE NEGATIVE IMPACT OF SPENT UNAUTHORIZED, SPONTANEOUS LANDFILLS AND MSW “LANDFILLS” ON THE ENVIRONMENT

V.I. Smetanin

Federal Scientific Center FSBI All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, 127434, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya str., 44, bldg. 2, Russia

Abstract The purpose of the study is to find ways to reduce the negative impact of spent landfills and MSW landfills on the environment. The problem of waste is one of the most pressing problems of our time, demand gives rise to production, and consumption is waste. In 2024, one hundred MSW treatment and disposal facilities with a total capacity of more than 13 million tons began operating in Russia, and about 40 million tons of MSW were buried in landfills and “landfills”. Such areas need to be carried out to reduce their negative impact on the environment and human health.

Keywords: reclamation, disturbed lands, MSW, spent landfills, sources of pollutant distribution, natural environment, leachate, biogas, environmental monitoring

Format of citation: Smetanin V.I. Assessment of the negative impact of spent unauthorized, spontaneous landfills and MSW “landfills” on the environment // Prirodoobustrojstvo. 2025. № 2. P. 68-76. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-2-68-76>

Введение. Места захоронения отходов – это импактные источники распространения загрязняющих веществ в окружающую среду. Наиболее опасными считаются так называемые несанкционированные стихийные свалки и условно называемые «полигоны» ТБО (ТКО),

которые в большей своей части не соответствовали нормативным природоохранным требованиям. С целью снижения негативного воздействия отходов на окружающую среду в системе управления отходами построены так называемые мусороперегрузочные станции, на которых мусор

проходит либо ручную, либо механическую сортировку, и после отбора полезных (утилизируемых) фракций отсеб (неутилизируемые фракции) проходит механическое измельчение, уплотнение и ламинирование полиэтиленовой пленкой. Полезные фракции отправляются на переработку, отсеб – для захоронения на полигон ТКО. Для безопасного размещения неутилизируемой части отходов должны быть построены новые полигоны ТКО либо реконструированы существующие, отвечающие современным требованиям ФЗ «Об охране окружающей среды» и «Об отходах производства и потребления» [1-3].

Цель исследований: обоснование инженерных решений, направленных на снижение негативного воздействия отработанных «полигонов» ТКО, несанкционированных и стихийных свалок на окружающую среду и здоровье человека.

Материалы и методы исследований. Любая свалка является резкой техногенной геохимической аномалией [4].

Свалки, представляя собой сосредоточенные (импактные) источники распространения загрязняющих веществ, оказывают негативное воздействие на компоненты природной среды, и опосредованно – на окружающую среду и здоровье человека. В качестве основных переносчиков загрязняющих веществ в сложившихся природно-техногенных ландшафтах служат влага и ветер. В гумидной зоне преобладающим мигрантом загрязняющих веществ является влага, формируемая из атмосферных осадков и влаги, содержащейся в самих отходах и образующейся за счет деструкции органического вещества. В соответствии с водным балансом атмосферные осадки, выпадая на поверхность свалочного тела, частично испаряются, частично просачиваются в свалочное тело, постепенно увлажняя отходы, а часть скапливается на поверхности свалочного тела.

По мере насыщения отходов влагой она инфильтрует в глубь свалочного тела, попутно насыщаясь поллютантами, скапливается в придонной зоне, образуя фильтрат. Формируется внутрисвалочный техногенный водоносный горизонт, насыщенный фильтратом. По мере накопления фильтрат через основание свалочного тела разгружается в горные породы зоны аэрации, загрязняет их и достигает естественного водоносного горизонта, загрязняет грунтовые воды. В местах разгрузки загрязненных подземных вод в местную гидрографическую сеть происходит загрязнение водных объектов. Та часть атмосферных осадков, которая не просочилась в отходы,

собирается на поверхности свалочного тела, образуя загрязненный поверхностный сток, постепенно стекающий на рельеф, загрязняет почву на прилегающей территории и поверхностные водотоки [4-6].

В зависимости от инфильтрационных процессов в свалочном теле формируются аэробная и анаэробная зоны. Для каждой зоны характерны соответствующие биохимические процессы.

В аэробной зоне свалочного тела целлюлоза окисляется до получения углекислого газа и воды с выделением 2796 кДж тепла на 1 моль глюкозы – составной части целлюлозы под влиянием жизнедеятельности соответствующих бактерий и микроорганизмов.

В анаэробной зоне свалочного тела 50% углерода целлюлозы окисляется до углекислого газа, а 50% восстанавливается до метана с выделением 238,6 кДж тепла на 1 моль глюкозы. При этом этиловый спирт превращается в уксусную кислоту и углекислый газ, а уксусная кислота – в углекислый газ и метан под влиянием жизнедеятельности метанообразующих бактерий и микроорганизмов [4, 6].

Таким образом, в процессе эмиссии из толщ свалочного тела на поверхность формируется негативное воздействие на атмосферный воздух в приземном слое как на территории размещения свалочного тела, так и в пределах санитарно-защитной зоны.

Поверхностный сток, стекающий с поверхности свалочного тела, в своем составе также несет загрязняющие вещества. При стекании поверхностного стока с поверхности свалочного тела по рельефу происходит загрязнение почвы, а при поступлении его в водные объекты – ухудшение качества воды и загрязнение донных отложений.

На свалках часто происходят пожары. Этому способствуют биотермические процессы саморазогрева свалочной массы аэробной зоны и человеческий фактор, причем горит как сам мусор, так и выделяющийся из свалочного тела биогаз с образованием других, более токсичных отравляющих химических веществ [3].

Результаты и их обсуждение. В зависимости от направления последующего целевого использования территорий, занятых под размещение отходов, принимают те или иные технические решения по их рекультивации. После рекультивации территории могут быть использованы под жилую застройку, для создания коммунальной или промышленной зон, а также для дорог, площадок и рекреационных целей [7-9].

Последующее целевое использование территории определяет объемы работ по рекультивации с учетом всех неблагоприятных факторов: с полным и частичным удалением свалочного грунта и заменой его нормативно чистым минеральным грунтом или без удаления, но с проведением работ по устранению или снижению негативного воздействия отходов на окружающую среду [7-9].

Одним из многих методов локализации и предотвращения распространения загрязняющих веществ можно считать капсулирование отходов, позволяющее исключить эмиссию загрязняющих веществ в компоненты природной среды, предотвратить такую опасность, как загрязнение прилегающих земель, поверхностных и подземных вод, снизить загазованность атмосферного воздуха и др.

Составные элементы капсулы – герметичное основание, непроницаемые вертикальные стены и плотная заделка поверхности свалки с элементами дегазации (принцип «кастрюли-сковарки» с клапаном-сапуном в крышке).

В качестве герметичных оснований рассматривают естественные геохимические барьеры в виде практически непроницаемых слоев глины или суглинка с $K_f \leq 1 \times 10^{-7}$ м/с. Герметичные вертикальные стенки выполняют методом «Стена в грунте» с заполнением их смесью бентонита с цементом и специальными присадками, позволяющими создать практически их водонепроницаемыми. Метод капсулирования наиболее эффективен при неглубоком залегании водоупора в основании свалочного тела.

Как отмечалось выше, основным мигрантом распространения загрязняющих веществ служат влага, поступающая с поверхности свалочного тела, и поверхностный сток с прилегающих территорий. В связи с этим для уменьшения миграционной способности часто выполняют экранирование поверхности свалочного тела и отвод поверхностного стока. Исключив инфильтрационное питание свалочного тела, тем самым можно предотвратить миграцию загрязняющих веществ из свалочного тела в компоненты природной среды. В 1998 г. для локализации и предотвращения распространения загрязняющих веществ достаточно эффективно было применено устройство многослойного противофильтрационного экрана (покрытия) по верху свалочного тела, прокладка нагорно-ловчего и водоотводного каналов на объекте рекультивации несанкционированной свалки на бывшей территории промзоны завода Акрихин, пос. Купавна в Московской области.

При реабилитации подобных участков методом экранирования оценивали степень защищенности грунтовых вод от загрязнения их фильтратом. В качестве количественной оценки защищенности грунтовых вод от локального загрязнения был принят отрезок времени (в годах), в течение которого несорбируемый загрязнитель проникнет через горные породы зоны аэрации до уровня грунтовых вод [5]:

$$T = 40/W \cdot m(K_f)^{-1/n}, \quad (1)$$

где T – время, в течение которого несорбируемый загрязнитель проникнет через горные породы зоны аэрации до уровня грунтовых вод, год; W – интенсивность инфильтрационного питания, мм/год; m – мощность зоны аэрации, м; K_f – коэффициент фильтрации, м/сут.; n – безразмерный показатель степени, учитывающий принятую модель влагопереноса (для песков $n = 3,6$).

При уменьшении интенсивности водного питания защищенность грунтовых вод возрастает при $W \rightarrow 0$, можно достичь практически полной защиты грунтовых вод от воздействия на них локального источника распространения загрязняющих веществ. Поэтому защитные экраны, устраиваемые по верху свалочного грунта, являются основными элементами, выполняющими главную природоохранную функцию в сочетании с оградительной сетью. Конструкция защитных экранов представляет собой комбинацию изолирующих и фильтрующих элементов, позволяющих собирать и отводить просачивающиеся атмосферные осадки в систему ливневой канализации [5].

Для отвода грунтового и поверхностного стоков, поступающих с вышеперечисленных участков относительно свалочного тела, на техническом этапе рекультивации выполняют строительство нагорно-ловчего и водоотводного каналов с утилизацией сточных вод в поглощающие колодцы.

Как отмечалось выше, при наличии «активного» органического вещества в свалочном теле протекают биотермические процессы разложения органического вещества с преобладающим выделением метана в анаэробной зоне и диоксида углерода – в аэробной зоне свалочного тела. В зависимости от потенциальных запасов и интенсивности выхода биогаза на поверхность свалочного тела проводят пассивную или активную дегазацию. Однако, как правило, потенциальные запасы биогаза являются незначительными, и использование его в энергетических целях неэффективно, поэтому применяют пассивную дегазацию. В связи с этим в составе технического этапа рекультивации устраивают

газосборные скважины, из которых биогаз отводят в атмосферный воздух. Вначале бурят скважины с обсадной трубой диаметром Ø350 мм на всю глубину свалочного тела. Внутри пробуренной обсадной трубы вставляют трубу диаметром Ø168 мм. В нижней сплошной ее части устраивают отстойник высотой 3 м, выше отстойника – фильтровое звено с продольной перфорацией высотой, равной толще свалочного тела минус 1 м от гребня свалочного тела. Снаружи фильтровое звено обмотано фильтровой нержавеющей сеткой. Выше перфорированного звена проходит гладкая неперфорированная (целиковая) труба того же диаметра (Ø168 мм) на высоту, 2 м выше дневной поверхности финального перекрытия свалочного тела. После установки газосборной скважины образованное пространство между обсадной трубой и газоотводящей скважиной постепенно засыпают гравием и по мере обсыпки извлекают обсадную трубу. Вокруг устья газоотводящей скважины устраивают бетонную отмостку размером в плане 0,5 × 0,5 м, толщиной 0,5 м. Каждая скважина оборудуется оголовком, выполняемым в виде «грибка». Технический этап рекультивации несанкционированных свалок завершается созданием рекультивационного слоя [5].

В биологический этап рекультивации включают мероприятия, направленные на реабилитацию и восстановление земель, выполняемые вслед за нанесением почвенного слоя, возделыванием однолетних и многолетних травосмесей с неглубокой корневой системой. Продолжительность биологического этапа рекультивации обычно составляет от 2 до 5 лет в зависимости от климатических условий и степени загрязнения реабилитируемого участка [5].

Для продления эксплуатации выработавших проектный срок эксплуатации подобных сооружений разработан способ реконструкции существующих свалок посредством переустройства их в инженерно-экологические сооружения, обеспечивающие минимизацию негативного воздействия отходов ТКО на окружающую среду (рис. 1) [10]. Для этого выполняется вертикальная планировка гребня свалочного тела из старых ТКО и прирезаемого участка с уклоном ($i = 0,002...0,003$) в сторону вновь развиваемого участка складирования ТКО. Далее по низовому контуру спланированного прирезанного или расширенного участка возводят дамбу высотой, на 0,5 м выше возможного уровня внутрисвалочных техногенных вод, из грунтов вертикальной планировки прирезаемого или расширяемого участка. Далее, по спланированным

поверхностям свалочного тела прошлых лет ТКО, прирезаемого или расширяемого участка, внутреннему откосу и гребню ограждающей дамбы сооружают противофильтрационный экран, образующий внутрисвалочный накопитель фильтрата, оборудованный дренажными трубами, уложенными по внутреннему откосу дамбы с уклоном в сторону устьевой трубы, соединяющей дренажные трубы с внешним резервуаром накопителем фильтрата [10].

Данная конструкция позволяет в процессе эксплуатации защитить отходы прошлых лет от проникновения влаги и перенаправить ее во вновь размещаемые отходы.

Образующаяся влага по спланированной поверхности в основании формируемого участка складирования отходов, покрытого геосинтетическим экраном, поступает во внутрисвалочный накопитель, из которого по системе дренажных труб перетекает во внешний накопитель. Из него по мере наполнения фильтрат периодически откачивается на внутриплощадочные или городские очистные сооружения. Уровень фильтрата во внешнем накопителе должен быть всегда ниже отметки устьевой трубы. После заполнения полигона до проектной отметки его закрывают в соответствии с установленными нормативными документами [1, 2]. Учитывая масштабы и степень загрязнения природной среды, при реабилитации нарушенных земель отходами производства и потребления в состав работ необходимо включать экологический мониторинг.

В состав мониторинга включают оценку воздействия отходов на изменение показателей качества атмосферного воздуха, поверхностных и грунтовых вод, почвы и донных отложений.

Качество атмосферного воздуха оценивают по границе санитарно-защитной зоны рекультивируемой территории в точках, отстоящих на расстоянии до 500 м и расположенных по направлению преобладающих ветров с наветренной и подветренной сторон источника распространения загрязнений. Для измерения концентраций загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха применяют газоанализатор – многокомпонентный МЛП-6 ПК, предназначенный для измерения объемной доли метана, массовой концентрации оксида углерода, диоксида серы, диоксида азота. Для измерения концентрации взвешенных веществ применяют анализатор пыли «Атмас» [11].

Воздействие отходов на атмосферный воздух оценивают по результатам физических измерений идентифицированных загрязнителей с их ПДК для приземной зоны.

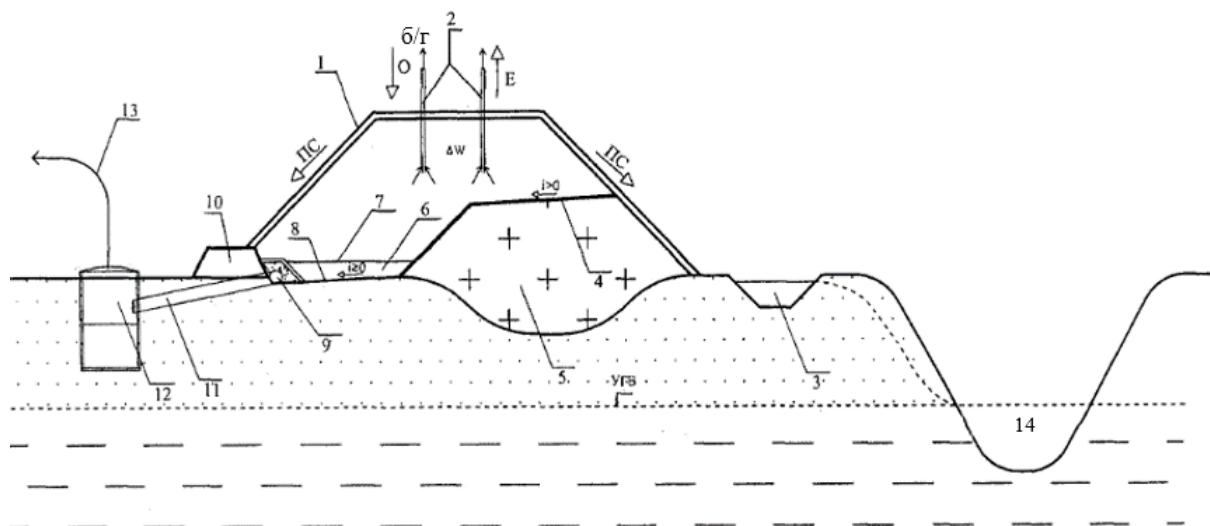


Рис. 1. Реконструкция существующих свалок посредством переустройства в инженерные экологические сооружения [10]:

- 1 – свалочное тело последующих лет эксплуатации после реконструкции полигона;
 2 – система дегазации свалочного тела; 3 – канал для отвода поверхностных вод;
 4 – противодиффузионный экран, уложенный по верху отходов прошлых лет; 5 – отходы прошлых лет;
 6 – фильтрат; 7 – внутриполигонный накопитель фильтрата; 8 – экранированное основание полигона;
 9 – дренажи-собиратели с гравийно-песчаной обсыпкой, выполненной по методу обратного фильтра;
 10 – грунтовая дамба обвалования новой отвальной части полигона; 11 – устьевая труба;
 12 – внешний накопитель фильтрата; 13 – направление удаления фильтрата; 14 – водный объект;
 (O) – осадки; (б/г) – биогаз; (E) – испарение; ПС – поверхностный сток; (ΔW) – дополнительная влага от разрушения органических отходов;
 $\frac{i}{\rightarrow}$ – направление уклонов укладки противодиффузионных экранов

Fig. 1. Reconstruction of existing landfills by means of rearrangement into engineering environmental structures [10]:

- 1 – landfill body of the next years of operation after the reconstruction of the landfill; 2 – landfill body degassing system;
 3 – channel for surface water drainage; 4 – impervious screen laid on top of the waste of previous years;
 5 – waste from previous years; 6 – filtrate; 7 – in-polygon leachate storage; 8 – shielded polygon base;
 9 – collector drains with gravel-sand sprinkling, made by the method of reverse filter;
 10 – soil dam of the embankment of the new dump part of the landfill; 11 – wellhead pipe;
 12 – external filtrate storage tank; 13 – direction of leachate removal; 14 – water body; (O) – precipitation;
 (b/g) – biogas; (E) – evaporation; PS – surface runoff; (ΔW) – additional moisture from the destruction of organic waste;
 $\frac{i}{\rightarrow}$ – direction of slopes of laying of impervious screens

Степень воздействия отходов на приземный слой атмосферного воздуха –

$$Z1 = 1 / n \left(\frac{C_{n=1}}{\text{ПДК}_{n=1}} 1 + \dots + \frac{C_{n=j}}{\text{ПДК}_{n=j}} j \right), \quad (2)$$

где Z1 – степень воздействия отходов на приземный слой атмосферного воздуха в зоне исследуемого участка; n – общее число ингредиентов, идентифицированных в пробах приземной зоны атмосферного воздуха, шт.; j – порядковый номер j-го ингредиента, идентифицированного в пробах приземной зоны атмосферного воздуха, j=1, 2, ..., n; C_{n=1}, ..., C_{n=j} – измеренные концентрации метана, оксида углерода, диоксида серы, диоксида азота, концентрации взвешенных веществ, мг/м³; ПДК_{n=1}, ..., ПДК_{n=j} – предельно допустимые концентрации идентифицированных веществ, мг/м³.

Используя результаты измерений и выполнив расчеты по выражению (2), воздействие отходов на атмосферный воздух можно будет считать

допустимым при условии, когда степень воздействия отходов на приземный слой атмосферного воздуха в зоне исследуемого участка будет меньше или равна единице (Z1 ≤ 1).

Оценку защищенности грунтовых вод от фильтрата оценивают с помощью гидрохимического анализа образцов поземных вод, изымаемых из гидронаблюдательных скважин. Для этого в санитарно-защитной зоне бурят не менее 5 гидронаблюдательных скважин. Из них две располагают выше свалочного тела относительно притока подземных вод, три – ниже свалочного тела относительно оттока подземных вод на расстоянии 50...100 м от границы свалочного тела. Полученные результаты гидрохимического анализа будут характеризовать степень влияния отходов на изменение качества подземных вод

путем сравнения полученных результатов, если принять результаты анализа двух скважин, расположенных выше свалочного тела относительно притока подземных вод, за фоновые значения, а результаты анализа трех скважин, расположенных ниже свалочного тела относительно оттока подземных вод, – за фактические.

Для бурения скважин применяют буровые станки. После бурения скважины промывают от шлама и приводят в рабочее состояние. Диаметр скважины принимают таким, чтобы обеспечить использование оборудования для отбора проб из скважин и выполнение работ по откачке и очистке скважин в случае их заиливания. Для этих целей применяют стальные буровые трубы Ø89 или Ø127 мм. Скважина состоит из трех основных частей: устья – часть обсадной трубы, выступающая на 1 м от поверхности земли (для удобства выполнения измерений уровня и отбора проб прободоотборником); отметку верха устья скважин привязывают к Балтийской системе координат); сплошной части стальной обсадной трубы, проходящей через аэробную зону, исключающей загрязнение грунтовых вод в скважине; фильтрового звена стальной трубы с вертикально-щелевой перфорацией, обмотанной нержавеющей сеткой и отстойником (0,5...1,0 м) в истоке. После установки скважины на точку верхнюю часть затрубного пространства заполняют крупным песком, далее тампонируют глиной и фиксируют цементным замком. Сверху устье скважины закрывается съемной крышкой, которая защищает от попадания внутрь атмосферных осадков и мусора. Из наблюдательных скважин после откачки из них воды и восстановления уровня отбираются пробы воды для лабораторного анализа [5].

Конструкция гидронаблюдательной скважины приведена на рисунке 2 [5].

Степень защищенности грунтовых вод от фильтра –

$$Z_{г/в} = 1/n \left(\frac{C_{сп(н)}}{C_{сп(в)}} + \dots + \frac{C_{сп(н)}}{C_{сп(в)}} \right), \quad (3)$$

где $Z_{г/в}$ – степень защищенности грунтовых вод от фильтра; n – общее число ингредиентов, идентифицированных в пробах из гидронаблюдательных скважин, шт.; j – порядковый номер ингредиента, идентифицированного в пробах из гидронаблюдательных скважин, $j = 1, 2, \dots, n$; $C_{сп(в)}$ – средние значения измеренных концентраций ингредиентов (Ph, сухой остаток, взвешенные вещества, БПК₅, ХПК, нефтепродукты, свинец, кадмий, никель, медь, мышьяк, хром, цинк, ртуть) в пробах, отобранных из двух гидронаблюдательных скважин, пробуренных выше свалочного тела относительно притока подземных вод;

$C_{сп(в)}$, ..., $C_{сп(в)}$, – то же из трех гидронаблюдательных скважин, пробуренных ниже свалочного тела относительно оттока подземных вод на расстоянии 50...100 м от границы свалочного тела, мг/дм³.

При $Z_{г/в} \leq 1$ защищенность грунтовых вод в зоне исследуемого участка от филтраты обеспечена.

В случае расположения рекультивируемого участка вблизи водного объекта (реки, озера, пруды, ручьи, овраги или болота) мониторинг поверхностных вод осуществляют по отбору проб воды из водного объекта в трех точках. Точка А – точка разгрузки поверхностного стока, формирующегося на поверхности свалочного тела и стекающего по линии наименьшего ската в водный объект. Две других – точка В и точка С – точки, отстоящие, соответственно, от точки А на расстоянии 100...300 м выше и ниже по течению в зависимости от скорости воды в реке.

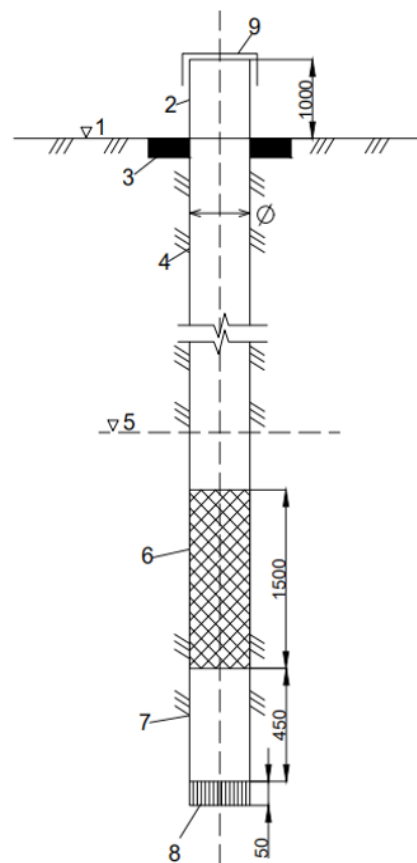


Рис. 2. Конструкция гидронаблюдательной скважины:

- 1 – дневная поверхность земли; 2 – устье;
- 3 – замок; 4 – сплошная часть стальной трубы;
- 5 – уровень подземных вод; 6 – фильтровое звено;
- 7 – отстойник; 8 – пробка; 9 – крышка

Fig. 2. Hydro-observation well design

- 1 – day surface of the earth; 2 – mouth;
- 4 – solid part of a steel pipe; 5 – groundwater level;
- 6 – filter link; 7 – sedimentation tank; 8 – plug; 9 – cover

Результаты гидрохимического анализа проб, отобранных в точках А, В и С, сравнивают с их ПДК_{р.х.} или ПДК_{к.б.}, определяя возможную степень влияния свалочного тела на загрязнение водного объекта, в точках А, В и С:

$$Z \frac{A}{B/O} = 1/n \left(C \frac{A}{n=1} / \text{ПДК}_{n=1} + \dots + C \frac{A}{n=j} / \text{ПДК}_{n=j} \right); \quad (4)$$

$$Z \frac{B}{B/O} = 1/n \left(C \frac{B}{n=1} / \text{ПДК}_{n=1} + \dots + C \frac{B}{n=j} / \text{ПДК}_{n=j} \right); \quad (5)$$

$$\frac{1}{B/O} \left(C \frac{1}{n=1} / \text{ПДК}_{n=1} + \dots + C \frac{1}{n=j} / \text{ПДК}_{n=j} \right) \quad (6)$$

где $Z \frac{B}{B/O}$, $Z \frac{A}{B/O}$, $Z \frac{C}{B/O}$ – степень возможного воздействия свалочного тела на загрязнение водного объекта, соответственно, в точках А, В, С; n – общее число ингредиентов, идентифицированных в пробах, отобранных в точках А, В и С, шт.; j – порядковый номер ингредиента, идентифицированного в пробах из водного объекта, j = 1, 2, ..., n; $C \frac{A}{n=1}, \dots, C \frac{A}{n=j}, C \frac{B}{n=1}, \dots, C \frac{B}{n=j}, C \frac{C}{n=1}, \dots, C \frac{C}{n=j}$ – значения измеренных концентраций ингредиентов (Рн, сухой остаток, взвешенные вещества, БПК₅, ХПК, нефтепродукты, свинец, кадмий, никель, медь, мышьяк, хром, цинк, ртуть) в пробах, отобранных, соответственно, в точках А, В, С водного объекта, мг/дм³; ПДК_{n=j} – предельно допустимая концентрация идентифицированного загрязняющего вещества (от n = 1 до n = j) в точках А, В, и С соответственно, мг/дм³.

Возможные ситуации заключаются в следующем:

$$1. Z \frac{B}{B/O} < Z \frac{A}{B/O} \sim Z \frac{C}{B/O} \text{ – свалочное тело}$$

оказывает негативное воздействие на качество воды в водном объекте;

$$2. Z \frac{B}{B/O} \geq Z \frac{A}{B/O} \sim Z \frac{C}{B/O} \text{ – свалочное тело}$$

не оказывает негативного воздействия на качество воды в водном объекте, так как это результат фоновое состояние качества воды в водном объекте, сформировавшегося общей антропогенной нагрузкой на ландшафт;

$$3. Z \frac{B}{B/O} < Z \frac{A}{B/O} > Z \frac{C}{B/O} \text{ – свалочное тело}$$

оказывает негативное воздействие на качество воды в водном объекте, но при движении воды от точки А до точки С происходит разбавление загрязняющих ингредиентов, что требует проведения мероприятий, направленных на предотвращение поступления загрязненного поверхностного стока на рельеф от свалочного тела.

С целью оценки возможного вторичного загрязнения водной среды в тех же точках отбирают пробы донных отложений со дна водного объекта. Далее в лабораторных условиях

определяют концентрации ингредиентов потенциальных загрязнений для расчета степени возможного их влияния на вторичное загрязнение водного объекта в точках А, В, С соответственно:

$$Z \frac{A}{D/O} =$$

$$= 1/n \left(C \frac{A}{n=1} / \text{ПДК}_{n=1} + \dots + C \frac{A}{n=j} / \text{ПДК}_{n=j} \right); \quad (7)$$

$$Z \frac{B}{D/O} =$$

$$= 1/n \left(C \frac{B}{n=1} / \text{ПДК}_{n=1} + \dots + C \frac{B}{n=j} / \text{ПДК}_{n=j} \right); \quad (8)$$

$$Z \frac{C}{D/O} =$$

$$= 1/n \left(C \frac{C}{n=1} / \text{ПДК}_{n=1} + \dots + C \frac{C}{n=j} / \text{ПДК}_{n=j} \right); \quad (9)$$

где $Z \frac{A}{D/O}$, $Z \frac{B}{D/O}$, $Z \frac{C}{D/O}$ – степень возможного влияния свалочного тела на загрязнение донных отложений, соответственно, в точках А, В, С; n – общее число ингредиентов, идентифицированных в пробах, отобранных в точках А, В и С, шт.; j – порядковый номер ингредиента, идентифицированного в пробах донных отложений из водного объекта, j = 1, 2, ..., n; $C \frac{A}{n=1}, \dots, C \frac{A}{n=j}, C \frac{B}{n=1}, \dots, C \frac{B}{n=j}, C \frac{C}{n=1}, \dots, C \frac{C}{n=j}$ – измеренные значения концентраций ингредиентов загрязняющих веществ нефтепродуктов, бензапирена, цинка, свинца, меди, кадмия, серебра, Cs137, K40, Ra226, Th232, A_{эфф.}, содержащихся в пробах, отобранных, соответственно, в точках А, В, С со дна водного объекта, мг/дм³; ПДК_{n=1}, ПДК_{n=j} – предельно допустимая концентрация ингредиентов загрязняющих веществ, идентифицированных в донных отложениях (от n = 1 до n = j) в пробах, отобранных в точках А, В и С, мг/дм³.

$$\text{В случае } Z \frac{A}{D/O} > Z \frac{B}{D/O}, Z \frac{A}{D/O} > Z \frac{C}{D/O}$$

и $Z \frac{C}{D/O} > Z \frac{B}{D/O}$ наблюдается процесс накопления загрязняющих веществ в донных отложениях водного объекта.

Для оценки воздействия отходов свалочного тела на загрязнение почвы в санитарно-защитной зоне отбирают пробы методом конверта в точках, расположенных с подветренной стороны и со стороны противоположной, наветренной (сторона, куда дует ветер). Далее в лабораторных условиях определяют концентрации ингредиентов потенциальных загрязнений:

$$Z \frac{П/В}{n} =$$

$$= 1/n \left(C \frac{П/В}{n=1} / \text{ПДК}_{n=1} + \dots + C \frac{П/В}{n=j} / \text{ПДК}_{n=j} \right); \quad (10)$$

$$Z \frac{H/V}{n} = 1/n \left(C \frac{H/V}{n=1} / \text{ПДК}_{n=1} + \dots + C \frac{H/V}{n=j} / \text{ПДК}_{n=j} \right), \quad (11)$$

где $Z \frac{H/V}{n}$, $Z \frac{H/V}{n}$ – степени возможного влияния свалочного тела на загрязнение почвы, расположенной в санитарно-защитной зоне, соответственно, с подветренной и наветренной сторон по розе ветров; n – общее число ингредиентов, идентифицированных в пробах почвы, шт.; j – порядковый номер ингредиента, идентифицированного в пробах почвы, $j = 1, 2, \dots, n$; $C \frac{H/V}{n=1}, \dots, C \frac{H/V}{n=j}, C \frac{H/V}{n=1}, \dots, C \frac{H/V}{n=j}$ – концентрации нефтепродуктов, бензапирена, цинка, свинца, меди, кадмия, серебра, Cs137, K40, Ra226, Th232, $A_{\text{эф}}$, содержащихся в почве санитарно-защитной зоны, соответственно, с подветренной и наветренной сторон, мг/кг; $\text{ПДК}_{n=j}$ – предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ (от $n = 1$ до $n = j$), содержащихся в образцах почвы, мг/кг.

В случае, когда $Z \frac{H/V}{\Pi} > Z \frac{H/V}{\Pi}$, это означает процесс накопления загрязняющих веществ в почве на участке санитарно-защитной зоны, расположенной с наветренной стороны свалочного тела.

Лаборатория, выполняющая экомониторинг, должна быть аккредитована в соответствии с Федеральным законом «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» № 412-ФЗ [11].

На основании полученных результатов и их анализа делается заключение о достижении поставленной цели – снижении негативного воздействия отходов на компоненты природной среды.

Список использованных источников

1. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году / Министерство природных ресурсов РФ. 2022. <https://2022.ecology-gosdoklad.ru/doklad/o-doklade/>
2. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 25 декабря 2023 г.), с изм. и доп., вступ. в силу с 1 января 2024 г. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://groro.rpn.gov.ru/upload/iblock/c36/1uqy3p77d-fbriu9rca9zrwgryzezl9mk/Federalnyy-zakon-ot-10.01.2002-N-7_FZ_red.-ot-25.12.2023.pdf.
3. Сметанин В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель: Учебное пособие. М.: КолосС, 2003. 96 с.: ил.
4. Сметанин В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления: Учебное пособие. М.: «КолосС», 2003. 232 с.: ил.
5. Голованов А.И. Рекультивация нарушенных земель / А.И. Голованов, Ф.М. Зимин, В.И. Сметанин. Учебное пособие. М.: «КолосС», 2009, 325 с.: ил.
6. ТСН 11-301-2005. Положение о порядке проведения работ по рекультивации несанкционированных свалок в городе Москве (дата актуализации –

Выводы

1. Существует множество способов снижения негативного воздействия твердых коммунальных отходов, размещенных на несанкционированных свалках и полигонах ТКО, но эффективность может быть подтверждена только результатами проведения горно-экологического мониторинга с оценкой возможного негативного воздействия отходов на компоненты природной среды (атмосферный воздух, почву, поверхностный сток и подземные воды) путем сравнения полученных результатов с фоновыми значениями идентифицированных загрязняющих веществ и их фоновыми или предельно допустимыми концентрациями.

2. При любых технологиях будут оставаться не утилизируемые фракции, требующие захоронения на полигонах. В связи с этим необходимо совершенствовать методику проектирования, строительства, реконструкции и эксплуатации полигонов ТКО как инженерно-экологических сооружений, минимизирующих негативное воздействие отходов на окружающую среду и здоровье человека.

3. Разработанная методика оценки негативного воздействия отработанных несанкционированных стихийных свалок и «полигонов» ТКО в составе горно-экологического мониторинга позволит оценить воздействие отходов на окружающую среду как в процессе эксплуатации мест размещения отходов, так и после их рекультивации.

References

1. State Report on the State and Protection of the Environment of the Russian Federation in 2022, Ministry of Natural Resources of the Russian Federation, 2022 <https://2022.ecology-gosdoklad.ru/doklad/o-doklade/>
2. Federal Law of 10.01.2002 No. 7-FZ (as amended on 25.12.2023) “On Environmental Protection” (with amendments and additions, effective from 01.01.2024) chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://groro.rpn.gov.ru/upload/iblock/c36/1uqy3p77d-fbriu9rca9zrwgryzezl9mk/Federalnyy-zakon-ot-10.01.2002-N-7_FZ_red.-ot-25.12.2023_.pdf
3. Smetanin V.I. Reclamation and Arrangement of Disturbed Lands. / V.I. Smetanin. Moscow: KolosS, 2003. 96 p.: ill.
4. Smetanin V.I. Protection of the environment from production and consumption waste / V.I. Smetanin. Moscow: “Koloss”, 2003, 232 p.: ill.
5. Golovanov A.I. Recultivation of disturbed lands / A.I. Golovanov, F.M. Zimin, V.I. Smetanin. The training manual. M.: “Colossus”, 2009, 325 p.: ill.
6. TSN11-301-2005 Regulation on the procedure for the reclamation of unauthorized landfills in the city of Moscow (date of update 01.01.2021) <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293853/4293853444.htm>

01.01.2021 г.). <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293853/4293853444.htm>.

7. Об отходах производства и потребления: Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ (ред. от 4 августа 2023 г.), с изм. и доп., вступ. в силу с 1 марта 2024 г. <https://sudact.ru/law/federalnyi-zakon-ot-24061998-n-89-fz-ob/>

8. Кузнецов А.Ю. Рекультивация антропогенно нарушенных земель [Текст]: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 35.03.03 – Агрохимия и агропочвоведение / А.Ю. Кузнецов, Н.П. Чекаев. Пенза: РИО ПГСХА, 2016. 215 с.

9. Васильченко А.В. Рекультивация нарушенных земель: Учебное пособие: В 2 ч. Ч. 1. Оренбург: ОГУ, 2017. 230 с.

10. Способ реконструкции свалки с преобразованием ее в полигон ТБО: Патент на изобретение № 2431530 от 20.10.2011 / В.И. Сметанин, А.С. Ларин. Заяв. 2010.04.26; Опубл. 2011.10.20.

11. Сметанин В.И. Оценка воздействия строительных работ на окружающую среду / В.И. Сметанин, Е.В. Щекудов. // Природообустройство. 2018. № 1. С. 46-54.

Об авторе

Владимир Иванович Сметанин, главный научный сотрудник отдела механизации мелиоративных работ, д-р техн. наук, профессор; ORCID ID: 0009-0004-0134-1234; smetanin2000@yandex.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Сметанин В.И. выполнил теоретические исследования, на основании которых провел обобщение и написал рукопись, имеет на статью авторское право и несет ответственность за плагиат.

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 02.02.2025

Поступила после рецензирования / Received after peer review 12.03.2025

Принята к публикации / Accepted for publication 12.03.2025

7. Federal Law of 24.06.1998 No. 89-FZ (as amended on 04.08.2023) On Production and Consumption Waste (with amendments and additions, effective from 01.03.2024) <https://sudact.ru/law/federalnyi-zakon-ot-24061998-n-89-fz-ob/>

8. Kuznetsov A.Yu., Reclamation of anthropogenically disturbed lands [Text]: a textbook for students studying in the direction of 35.03.03 – Agrochemistry and Agrosol Science / A.Yu. Kuznetsov N.P. Chekaev, Penza: RIO PGSHA, 2016. 215 p.

9. Vasilchenko A.V. V 19 Reclamation of disturbed lands: a textbook: in 2 parts. Orenburg: OSU, 2017. Part 1. 230 p. ISBN 978-5-7410-1816-3

10. Method of reconstruction of a landfill with its transformation into a solid waste landfill: Patent for invention No 2431530 dated 20.10.2011 / V.I. Smetanin, A.S. Larin. Date of application: 2010.04.26, published: 2011.10.20

11. Smetanin V.I. Assessment of the impact of construction work on the environment / V.I. Smetanin, E.V. Shchekudov // Scientific and practical journal ISBN 1997-6011 "Prirodoobustroystvo" No 1, 2018, P. 46-54.

Information about the author

Vladimir I. Smetanin, DSc (Eng), professor chief researcher of the department of mechanization of reclamation works; ORCID ID: 0009-0004-0134-1234; smetanin2000@yandex.ru

V.I. Smetanin carried out theoretical studies, on the basis of which he generalized and wrote the manuscript. He has a copyright on the article and is responsible for plagiarism.