

С.И. КУЗЬМИН, Д.С. ВОРОБЬЕВ, А.Л. ДЕМИДОВ, О.М. ОЛЕШКЕВИЧ

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ  
НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ  
(НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ)**

*Белорусский государственный университет,  
г. Минск, Республика Беларусь,  
kuzminsaweliy@bsu.by, ecoland.bsu@gmail.com*

*Постановка проблемы.* Использование человеком природных ресурсов для удовлетворения своих потребностей неизбежно вызывает рост масштабов деструктивных антропогенных воздействий на природную среду, ухудшая тем самым качество жизни людей. Это приводит к увеличению разнообразных экологических рисков природопользования. С переходом на «зелёные» виды природопользования экологические

риски минимизируются. Однако большинство видов природопользования остаются экологоопасными. К числу последних можно отнести и систему управления отходами потребления. В результате использования предметов потребления (от продуктов питания до сложной бытовой техники) происходит их трансформация в отходы, которые в той или иной степени используются в качестве вторичных ресурсов либо хранятся для последующей переработки и утилизации. В некоторых странах степень использования отходов потребления в качестве вторичного ресурса составляет 50 – 60 %. В Республике Беларусь в настоящее время перерабатывается не более 10 % от общего объёма коммунальных отходов (отходов потребления), а порядка 90 % собирается и отвозится на объекты захоронения. При этом, в последние годы наблюдается рост образования таких отходов (удельный показатель образования увеличился с 0,48 до 1,7 кг/чел. в день). Несмотря на ряд предпринимаемых в нашей стране мер, направленных на переработку и дальнейшее использование отходов потребления, достичь их безопасного обращения в ближайшем будущем не удастся. В проекте Стратегии устойчивого развития Беларуси на период до 2030 г. [1] указывается на необходимость сокращения объёмов хранения и захоронения всех видов отходов на 1–2 % в год. Исходя из сложившейся ситуации, можно констатировать, что отходы потребления и дальше будут захораниваться. Проникновение загрязняющих веществ в объекты окружающей среды от полигонов хранения отходов, и в частности, в подземные грунтовые воды, являющихся в большинстве своём источниками питьевого водоснабжения, опасно возможным их попаданием в организм человека и развитием у людей патологических состояний здоровья. Поэтому оценка экологических рисков для предотвращения последствий такого природопользования представляется важной научной и практико-ориентированной задачей.

*Результаты исследований.* В период с 2016 по 2018 гг. в лаборатории экологии ландшафтов географического факультета Белорусского государственного университета на примере Витебской области выполнена научно-исследовательская работа «Геоэкологическая оценка объектов захоронения отходов потребления и разработка предложений по минимизации их негативного воздействия на природную среду» (государственная регистрация № 20161720). В ходе работ произведён анализ объёмов образования отходов потребления, установлены их морфологический состав и объёмы захоронения; получены результаты оценки образующегося от полигонов твёрдых коммунальных отходов (ТКО) фильтрата, а также состояния поверхностных/подземных вод в районах расположения рассматриваемых объектов. Установлено, что для полигонов захоронения отходов потребления в целом отмечается характерное загрязнение подземных вод соединениями азота, нефтепродуктами, тяжёлыми металлами, высокий уровень общей минерализации (по сухому остатку). Максимальные значения концентраций нефтепродуктов установлены на уровне 11 ПДК, азота аммонийного – 87 ПДК, азота нитратного – 35 ПДК, свинца – 17 ПДК, меди – 12 ПДК. Результаты исследований указывают на то, что загрязнение подземных вод от объектов данной группы на протяжении длительного периода наблюдений является весьма значительным [2].

Одной из составных задач исследований являлась оценка экологических рисков от объектов захоронения отходов потребления и разработка предложений по минимизации их негативного воздействия на компоненты окружающей среды. Особенно актуальным это видится в условиях, когда ряд объектов захоронения ТКО исчерпали свой ресурс (проектные показатели) и необходимо строительство новых. Согласно Национальной стратегии по обращению с твёрдыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 г. (утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь №567 от 28 июля 2017г.) [3], «ежегодные объёмы образования ТКО оцениваются в пределах от 3,5 до 4 млн. т, ...85 % из этого объёма поступает на захоронения на полигоны ТКО». При этом, в Стратегии подчёркивается, что

более 90 % полигонов были построены ещё во время СССР, в связи с чем большая их часть исчерпала свой ресурс и соответственно требуется их замена на новые. Поэтому результаты оценки экологических рисков от действующих захоронений ТКО и могут являться тем информационным ресурсом, которые в совокупности с другими факторами и могут являться важными при принятии управленческих решений в ходе создания новой современной системы сбора и утилизации отходов.

На начальном этапе разработки методики оценки экологических рисков от объектов захоронения отходов потребления авторы исходили из того, система управления отходами должна обеспечивать экологическую безопасность и экономное использование сырья, материалов, энергии и других ресурсов. Решение о первоочерёдности вывода объектов из эксплуатации должно быть обосновано не только с точки зрения экономических затрат на создание оптимальной системы сбора и вывоза отходов, но и с позиции минимизации воздействия действующих полигонов захоронения ТКО на окружающую среду.

Рассматривая проблему управления системой обращения с отходами с позиций обеспечения экологической безопасности, на первый план выступает требование поддержания уровня воздействия полигонов захоронения ТКО на компоненты окружающей среды до нормативов, установленных природоохранным законодательством. Основываясь на таком подходе, экологический риск от объектов захоронения ТКО – это уровень воздействия, который приводит или может привести к отклонению от принятой нормы. Конечным результатом оценки экологического риска является построение модели (стратегии управления), которая позволит на всех этапах управления системой обращения с отходами, с одной стороны, рассчитывать (прогнозировать возникновение) вероятностные чрезвычайные ситуации (аварии) и связанные с ними нежелательные последствия для человека и окружающей среды, а с другой – от предупреждения возникновения нежелательной ситуации (чрезвычайной ситуации) путём реализации предлагаемых мероприятий (строительство защитных сооружений, заблаговременная эвакуация людей и т.д.) до предотвращения возникновения катастроф в результате отказа от реализации хозяйственной деятельности (в нашем случае закрытие полигона ТКО и его рекультивация).

При проведении оценки экологического риска от полигонов ТКО, авторы исходили также из понимания того, что должны существовать допустимые значения риска, в рамках которых может они могут функционировать, а приемлемые уровни рисков должны соответствовать установленной системе нормативов устойчивого природопользования.

Необходимо отметить, что в отношении проблемы, связанной с полигонами ТКО, основными факторами экологических рисков являются образующийся на полигонах фильтрат (жидкая фаза) и биогаз. С фильтратом загрязняющие вещества с большей или меньшей степенью вероятности могут попадать в подземные воды, почвы, грунты. Биогаз воздействует, в основном, на атмосферный воздух, а при возгорании отходов на полигоне – на все компоненты природной среды.

Методика определения рисков основана на экспертном подходе и предполагает выбор критериев оценки и использовании результатов локального мониторинга.

Оценка проведена с учётом следующих групп критериев:

- территориальные – законодательные требования к расположению объектов захоронения отходов;
- геологические и гидрогеологические – геологические и гидрологические условия площадки размещения объекта;
- технологические – обустройство участка захоронения отходов;
- воздействие на природную среду – показатели загрязнения подземных вод, эмиссий биогаза.

Критерии сформированы с учётом требований нормативно-технической

документации по проектированию и эксплуатации объектов захоронения отходов в Республике Беларусь. Их ранжирование проведено экспертным путём отдельно для каждой группы (кроме группы территориальных критериев) с использованием метода парных сравнений. Критерии с наибольшими весовыми коэффициентами были выбраны в качестве значимых для дальнейшего рассмотрения. Критерии, относящиеся к оценке размещения объектов, не ранжировались, так как в данную группу попадали критерии, относящиеся к законодательному ограничению выбора территории размещения объекта захоронения отходов (запрет на размещение объектов на территориях населённых пунктов, в водоохранных зонах водных объектов, на землях особо охраняемых территорий и объектов и т.д.).

Фактор влияния критерия косвенно отражает вероятность возникновения и уровень негативного воздействия объекта захоронения отходов на окружающую среду. Фактор влияния для каждого из рассматриваемых критериев определялся на основании нормативных требований к размещению участков объектов захоронения ТКО, технических и технологических требований обеспечения безопасной эксплуатации объектов и результатов полевых и лабораторных исследований на объектах захоронения ТКО.

Качественная и количественная оценки загрязнения подземных вод базировался на установленных гигиенических нормативах ПДК и определен индексом загрязнения подземных вод  $K_3$ , который рассчитывался как сумма отношений концентраций веществ в воде к их ПДК:

$$K_3 = \frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n},$$

Подсчитанные суммарные коэффициенты загрязнения для каждого полигона позволяют сопоставлять между собой полигоны по степени загрязнения подземных вод, а также определять средние уровни загрязнения вод в выделенных группах полигонов.

По характеру воздействия на природную среду газообразные выделения из свалочных масс на полигонах ТКО (биогаз) разделены на две группы. Одна группа включает выделения токсичных соединений:  $NH_3$ ,  $H_2S$ ,  $CO$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $NO$  и  $H_2$ . Суммарное количество токсичных выделений не превышает нескольких процентов. Вторая группа биогаза содержит практически нетоксичные газы: метан (40 – 60 %) и углекислый газ (30 – 45 %). Они, поступая в природную среду, формируют негативные эффекты, поскольку относятся к парниковым газам.

Поскольку мониторинг атмосферного воздуха на полигонах ТКО пока не ведётся, при установлении индексов загрязнения атмосферного воздуха по составу биогаза на полигонах была применена методика определения эмиссии парниковых газов, предложенная Международной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК). Исходными данными для подсчёта эмиссии метана служили: количество коммунальных отходов, ежегодно захораниваемых на полигонах (мощность полигона); доля потенциально разлагаемого органического вещества (ОВ), которая определяется, исходя из морфологического состава коммунальных отходов; фактически разлагающаяся доля ОВ; высота отвала отходов на полигоне; доля метана в образующихся газах; утилизируемый метан.

Суммарный экологический риск объекта захоронения  $R$  рассчитывался нами по формуле:

$$R = \sum_{i=1}^n G_i \times K_i \times F_i,$$

где,  $G_i$ – весовой коэффициент группы критериев в диапазоне от 0 до 100;  $K_i$ – весовой коэффициент критерия риска в диапазоне от 0 до 1;  $F_i$ – фактор влияния критерия.

Реализованный в работе подход позволил ранжировать объекты захоронения ТКО по степени экологического риска и может служить основой для разработки программ планомерного вывода объектов из эксплуатации и их рекультивации:

- высокий экологический риск ( $R > 1800$ ) – приоритетные мероприятия по выводу объекта из эксплуатации, ликвидации и/или рекультивации;
- умеренный экологический риск ( $1500 < R < 1800$ ) – проведение мероприятий по доведению объекта до нормативных требований
- низкий экологический риск ( $R < 1500$ ) – проведение дополнительных мероприятий при необходимости.

По результатам исследований для каждого из 27 полигонов ТКО Витебской области предложен перечень конкретных мероприятий, которые подразумевают использование технологических, экономических, административных и социальных методов [4].

### Список литературы

- 1 Стратегия устойчивого развития Беларуси: экологический аспект / Е.А. Антипова [и др.] – Минск : ФУАуниформ, 2014. – 336 с.
- 2 Экологическая оценка воздействия объектов захоронения отходов потребления на подземные воды / А.Л. Демидов, С.И. Кузьмин, О.М. Олешкевич // Вестник БГУ. Серия 2, Химия. Биология. География. 2016. № 3. – С. 154–158.
- 3 Национальная стратегия по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 г., утвержденная Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 567 от 28 июля 2017 г.
- 4 Геоэкологическая оценка объектов захоронения отходов потребления и разработка предложений по минимизации их негативного воздействия на природную среду: отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / БГУ; научный руководитель С.И. Кузьмин.