

УДК 614.849

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЧС,
ВЫЗВАННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ****Кияшко И.Ю., Кияшко Л.Ю., Елизарьев А.Н., Манякова Г.М.,
Габдулхаков Р.Р., Мартынова О.Г.***ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет»,
Уфа, e-mail: kly_leonid@mail.ru*

В статье предложен подход к оценке экологического риска загрязнения водных объектов при возможном размещении объектов складирования отходов на территории водоохраных зон или в зонах незащищенных пород зон аэрации. Рассмотрены предпосылки возникновения ЧС при размещении объектов складирования отходов на территории водосборных бассейнов в штатном и аварийном режимах эксплуатации. Разработаны комплексные показатели для совершенствования системы мониторинга объектов складирования отходов в пределах речных бассейнов. Апробация проведена для Республики Башкортостан, территория которой ранжирована по величине предложенного в статье показателя экологического риска с помощью геоинформационных технологий. Предложен алгоритм принятия решений при управлении размещением проектируемых и существующих объектов складирования твердых бытовых отходов, представляющих угрозу возникновения экологических ЧС, вызванных загрязнением водных объектов свалочным фильтратом.

Ключевые слова: мониторинг, риск, индикаторы, свалочный фильтрат, отходы, зона аэрации, дерево отказов, ГИС, геометрическая вероятность

**MODELING OF THE ECOLOGICAL EMERGENCIES CAUSED
BY POLLUTION OF WATER OBJECTS****Kiyashko I.Y., Kiyashko L.Y., Elizarev A.N., Manyakova G.M.,
Gabdulkhakov R.R., Martynova O.G.***Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: kly_leonid@mail.ru*

This article proposes an approach to assessing the environmental risk of water pollution, with the possible placing of objects of waste disposal on the territory of water protection zones or in areas not protected rocks of the aeration zone. The preconditions of a disaster when placing objects of waste disposal on the territory of watersheds in normal and emergency operating conditions. Develop comprehensive indicators for the improvement of facilities for monitoring the system of waste disposal in the river basins. Testing carried out for the Republic of Bashkortostan, the area which is ranked highest in the proposed article indicator of environmental risk by using geoinformation technologies. An algorithm for decision-making in the management of designed and existing objects of storage of solid waste, posing a threat of environmental disaster caused by water pollution landfill filtrate.

Keywords: monitoring, risk, indicators, landfill filtrate, waste, aeration zone, tree of refusals, GIS, geometrical probability

Развитие системы переработки отходов в России находится на начальном этапе, поэтому основной способ утилизации ТБО сегодня – захоронение на полигонах. Проблема образования ТБО сопровождается интенсивным загрязнением окружающей среды при выделении биогаза и жидкого фильтрата из тела объекта складирования. Если интенсивность выделения биогаза незначительная и загрязняющее вещество своевременно рассеивается, то проблема образования фильтрата осложняется целым рядом неопределенностей: пространственная, временная и качественная неравномерность формирования фильтрата представляет угрозу водным объектам в штатном и аварийном режимах эксплуатации полигона (объекта складирования отходов).

Степень влияния фильтрата на водные объекты определяется гидрологическим

режимом водотока-реципиента, а ее оценка предполагает обработку и использование значительного массива данных о природно-климатических условиях территории (динамика и характер выпадения осадков), объеме образования и химическом составе свалочного фильтрата, показателях водного и гидрохимического режима водотоков-реципиентов [5, 6]. В этой связи целесообразно агрегировать получаемую при мониторинге экологическую информацию (используя методы свертки экологической информации) и представлять ее в виде комплексных показателей – индикаторов и индексов с целью пространственной обработки.

В качестве индикаторов принимаются показатели, выводимые из первичных данных, т.е. данных, которые нельзя использовать для интерпретации степени устойчивости экологической системы к негативному

воздействию. Среди методов свертки экологической информации широкое применение нашел метод, основанный на применении понятия риска и агрегирующий информацию о вероятности и ущербе от возникновения события (негативного воздействия фильтрата на водные объекты) [10], однако единого подхода к его оценке нет. В этой связи для принятия и выполнения управленческих решений по снижению опасности для водных объектов в результате эксплуатации объектов складирования отходов необходима разработка методических основ управления экологическими рисками [7].

В качестве критерия нагруженности территории речных бассейнов объектами складирования отходов предложено: в штатном режиме определять индекс нагруженности территории речного бассейна D [4], а в аварийном – экологический риск R (экологические ЧС при залповом попадании фильтрата в водные объекты) загрязнения водных объектов при размещении объектов складирования отходов на территории водоохраных зон либо в зоне незащищенных пород зон аэрации.

Водоохранная зона, в соответствии с Водным кодексом РФ, является особо охраняемой природной территорией, на которой запрещено размещение объектов складирования. Тем не менее практика показывает, что в пределах водоохраных зон некоторых рек размещены объекты складирования ТБО. Размещение объекта складирования отходов на территории водоохраных зон либо в зоне незащищенных пород зоны аэрации будет свидетельствовать о риске ЧС, вызванной залповым поступлением свалочного фильтрата в водный объект

с минимальной степенью фильтрации через геологические породы и сохранением высоких концентраций загрязняющих веществ. Величину риска, как правило, рассчитывают [1, 8, 9] по формуле

$$R = Y \cdot P, \quad (1)$$

где R – величина риска загрязнения водных объектов; Y – величина экологического ущерба водным объектам, руб.; P – вероятность размещения объекта складирования отходов на уязвимой территории, %.

Экологический риск в соответствии с формулой (1) определяется вероятностью размещения объекта складирования отходов на уязвимой территории речного бассейна (в пределах речной водоохраной зоны и/или на территории незащищенных пород зоны аэрации), а также величиной экологического ущерба, причиняемого водному объекту при поступлении в него фильтрата. Для определения вероятности размещения объектов складирования отходов на уязвимой территории используются подходы расчета геометрической вероятности (рис. 1) [3].

Величину ущерба предложено оценивать в соответствии с Методикой исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства (утв. приказом Минприроды РФ от 13 апреля 2009 г. № 87).

Для расчета вероятности размещения объекта складирования отходов на уязвимой территории речного бассейна построено «дерево отказов» (рис. 2), которое представляет собой многоуровневую графологическую структуру причинных взаимосвязей, анализируемых событий и причин.

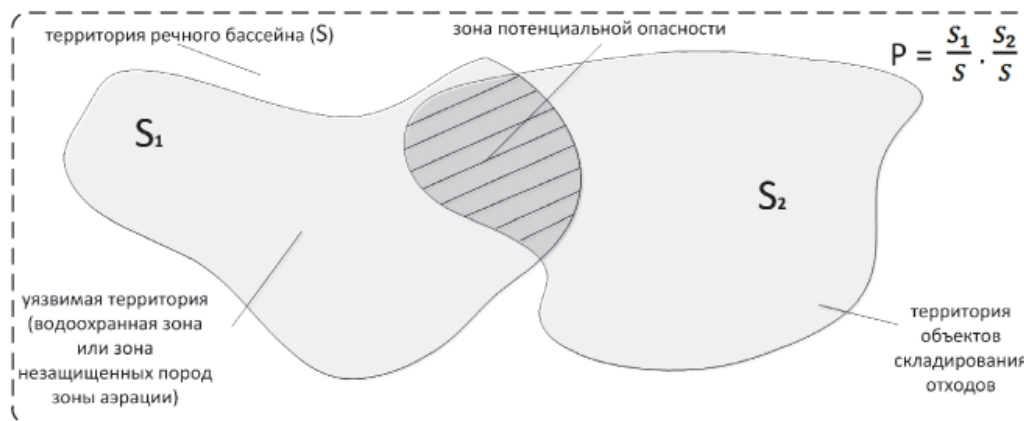


Рис. 1. Оценка геометрической вероятности

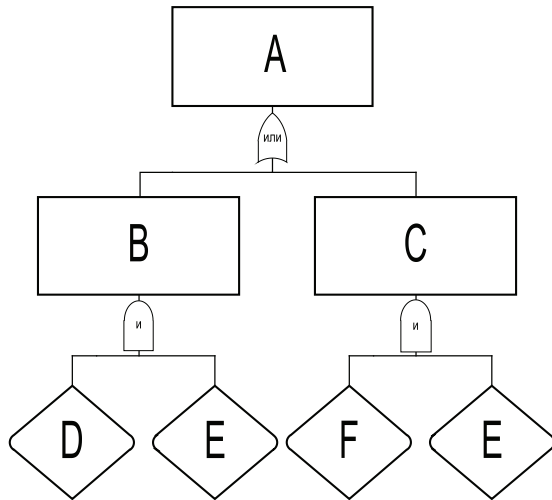


Рис. 2. Графическая модель взаимосвязи причин экологических ЧС, вызванных поступлением свалочного фильтрата в водный объект:
A – экологическая ЧС, вызванная поступлением свалочного фильтрата в водный объект с минимальной степенью фильтрации через геологические породы (головное событие);
B – размещение объекта складирования отходов в водоохранной зоне;
C – размещение объекта складирования отходов на незащищенных породах зоны аэрации;
D – пересечение водоохранной зоны с территорией речного бассейна;
E – размещение объекта складирования отходов на территории речного бассейна;
F – пересечение территории незащищенных пород зоны аэрации с территорией речного бассейна

Вероятность пересечения речной водоохранной зоны с территорией водосборного бассейна предложено определять по формуле

$$P_D = \frac{S_{в.з.}}{S_{реч.б.}}, \quad (2)$$

где $S_{в.з.}$ – площадь водоохранной зоны, м²; $S_{реч.б.}$ – площадь речного бассейна, м².

Вероятность размещения объекта складирования отходов на территории речного бассейна предложено определять по формуле

$$P_E = \frac{S_{о.с.}}{S_{реч.б.}}, \quad (3)$$

где $S_{о.с.}$ – площадь, занимаемая объектами складирования ТБО на территории водосборного бассейна, м².

Вероятность пересечения территории незащищенных пород зоны аэрации с тер-

риторией водосборного бассейна предложено определять по формуле

$$P_F = \frac{S_{з.а.}}{S_{реч.б.}}, \quad (4)$$

где $S_{з.а.}$ – площадь, занимаемая незащищенными породами зоны аэрации, м².

С учетом операторов «и» и «или», согласно [9], вероятность головного события определяется по следующей формуле:

$$P_A = 1 - ((1 - P_B) \cdot (1 - P_C)) = \\ = 1 - ((1 - P_D \cdot P_E) \cdot (1 - P_F \cdot P_E)). \quad (5)$$

Для оценки применимости предложенного подхода проведены расчеты экологического риска (R) ЧС, вызванных возможным загрязнением водных объектов при эксплуатации объектов складирования отходов на территории РБ на основе определения значений ущерба и расчета значений вероятностей P_A, P_B, P_C с помощью ГИС.

С целью графической интерпретации полученных результатов проведено ранжирование речных бассейнов территории РБ по величине экологического риска R . Количество классов ранжирования определено на основе методики [2]. Результаты ранжирования представлены на рис. 4, а.

Минимальная величина экологического риска R наблюдается на территории бассейна р. М. Ик (0,4), максимальное – на территории р. Белой (1 489,3). По-видимому, максимальная величина экологического риска на территории р. Белой связана с высокой плотностью размещения объектов складирования ТБО на территории водоохранной зоны реки или на территории незащищенных пород зоны аэрации.

Для управления экологическим риском R разработан алгоритм принятия решений при анализе размещения проектируемых и существующих объектов складирования ТБО. Данный алгоритм заключается в оценке соответствия расположения объекта складирования ТБО экологическим критериям, предъявляемым к территории их размещения, нарушение которых несет угрозу возникновения экологических ЧС. Согласно нормативным документам (Водный кодекс РФ и СП 2.1.7.1038-01), в случае, если территория размещения объекта складирования ТБО соответствует экологическим критериям, объект складирования может быть спроектирован без организации комплекса природоохранных мероприятий. Схема реализации предложенного алгоритма приведена на рис. 3.



Рис. 3. Схема реализации алгоритма принятия решений при управлении размещением проектируемых и существующих объектов складирования ТБО:

- 1 – уклон местности менее 10%; 2 – расстояние до населенного пункта более 500 м;
 3 – защищенность пород зоны аэрации (уровень грунтовых вод более 2 м, коэффициент фильтрации подстилающих пород менее 10–7 и т.д.);
 4 – расположение объекта не в водоохранной зоне реки;
 5 – расположение объекта не на территории ООПТ

Согласно предложенному алгоритму (рис. 3) при соответствии территории размещения объекта складирования ТБО установленным в нормативных документах экологическим критериям проведение природоохранных мероприятий не требуется. В случае невыполнения условий 4 и/или 5 (размещение объекта в водоохранной зоне реки и/или на территории ООПТ) необходима ликвидация объекта (согласно Водному кодексу РФ). В случае, если не выполняются условия 1...3, решение об управлении объектом складирования принимается с учетом степени нагруженности территории его размещения.

Для анализа соответствия территории предъявляемым экологическим критериям проведено ранжирование территории РБ на три зоны с помощью ГИС (рис. 4, б).

Для апробации алгоритма принятия решений при управлении размещением проектируемых и существующих объектов складирования ТБО проведен анализ размещения объектов складирования ТБО Республики Башкортостан в зонах I, II, III (рис. 4, б). Анализ позволил выявить необходимость принятия решений при управлении объектами складирования ТБО, размещенными на территории речных бассейнов РБ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-05-09022 а).

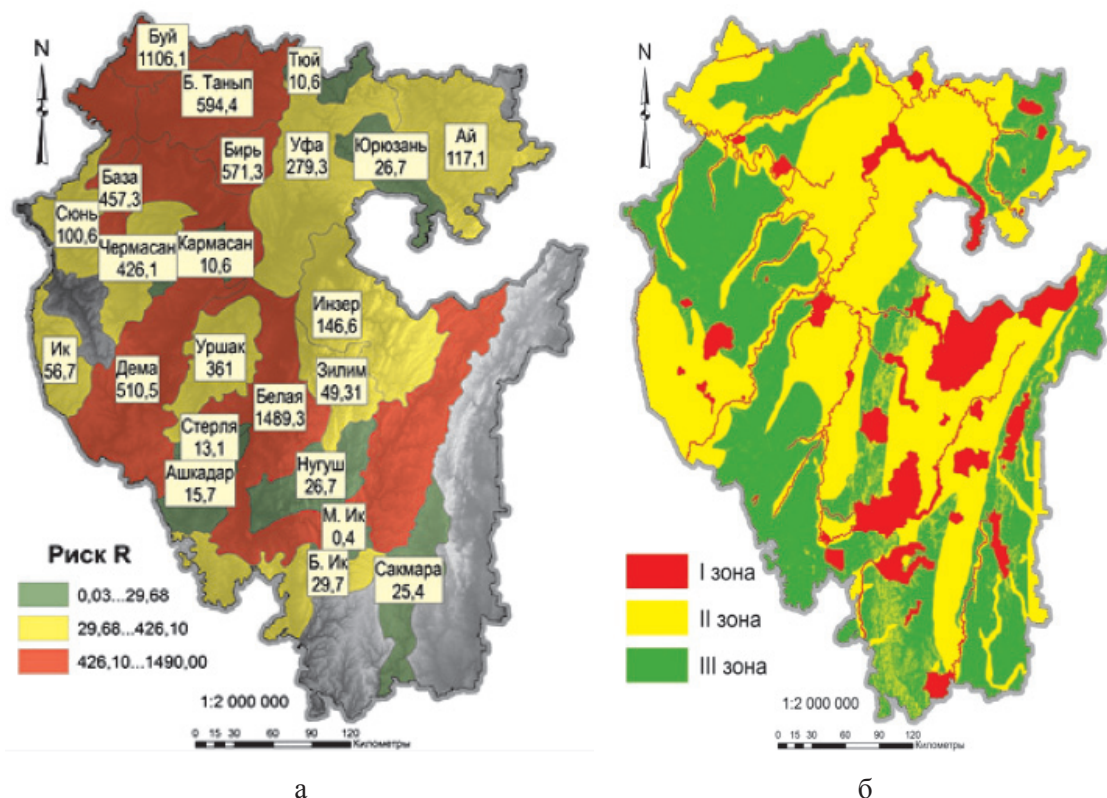


Рис. 4. а – ранжирование речных бассейнов территории РБ по экологическому риску ЧС, вызванных загрязнением водных объектов; б – ранжирование территории РБ по степени соответствия экологическим критериям размещения объектов складирования ТБО; I зона – несоответствие критериям 4 и 5 (размещение объектов складирования не допускается); II зона – несоответствие критериям 1...3; III зона – соответствие всем критериям (объекты складирования могут быть размещены без организации комплекса природоохранных мероприятий)

Список литературы

1. Гаврилов В.В., Романовский Н.Н., Сергеев Д.О., Уткина И.А. Концепция оценки экологического риска // Геоэкология. – 1994. – № 4. – С. 20–24.
 2. Гвоздев В.Е., Колоденкова А.Е. Построение классификационных шкал с учетом статистических особенностей данных. – Уфа: УГАТУ, 2005. – 17 с.
 3. Елизарьев А.Н., Габдулхаков Р.Р., Ахтямов Р.Г. Методика оперативной оценки риска возникновения чрезвычайной ситуации на объектах нефтепродуктообеспечения в зоне проявления карстовых процессов / А.Н. Елизарьев, Р.Р. Габдулхаков, Р.Г. Ахтямов // Нефтегазовое дело. – 2012. – т. 10. – № 1. – С. 124–131.
 4. Кияшко И.Ю. Геоэкологическая оценка влияния складирования отходов на водные объекты: дис. ... канд. географ. наук по специальности 25.00.36 «Геоэкология». – Казань, 2011. – 232 с.
 5. Красногорская Н.Н., Елизарьев А.Н., Кияшко И.Ю., Фашевская Т.Б. Оценка влияния свалочного фильтрата на водные объекты. Количественный аспект // Безопасность жизнедеятельности. – 2010. – № 10. – С. 20–27.

6. Красногорская Н.Н., Елизарьев А.Н., Кияшко И.Ю., Фашевская Т.Б. Разработка методики комплексной оценки загрязненности фильтрационных стоков захоронений отходов // Вестник ИРГТУ. – 2010. – № 2. – С. 6–11.
 7. Красногорская Н.Н., Фашевская Т.Б., Елизарьев А.Н. Экологическое квотирование водопотребления крупным промышленным центром и стимулирование реформинга водоемких технологий в России // Безопасность жизнедеятельности. – 2008. – № 12. – С. 21–28.
 8. Красногорская Н.Н., Фашевская Т.Б., Елизарьев А.Н., Рогозина Т.А. Концептуальные основы оценки экологического риска деградации речных экосистем при осуществлении водопользования // Безопасность жизнедеятельности. – 2006. – № 11. – С. 23–28.
 9. Лисьева Н.М. Методика изучения и оценки естественных ресурсов подземных вод и их загрязнения некондиционными водами (на примере восточной части Камско-Вятского артезианского бассейна): автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – СПб., 2009. – 20 с.
 10. Яйли Е.А., Музалевский А.А. Риск: анализ, оценка, управление. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2005. – 232 с.