

6. Вентцель А. Д. Курс теории случайных процессов. – М.: Наука, 1975.

Материал поступил в редакцию 13.11.14.

Козлов Константин Дмитриевич, аспирант

Тел. 8-916-467-91-75

E-mail: kostya-dv@mail.ru

Гурьев Алим Петрович, доктор техни-

ческих наук, профессор кафедры «КИВР и гидравлика»

E-mail: alim.p.guryev@gmail.com

Ханов Наргмир Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры «КИВР и гидравлика»

Тел. 8 (499) 976-00-15

E-mail: nvkhanov@yahoo.com

УДК 502/504:556.5:551.4

В. Е. ПУТЫРСКИЙ

Институт водных проблем Российской академии наук, Москва

ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ: МЕТОДЫ НАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассматриваются социально-экологические вопросы развития Тверской области РФ с учетом водного фактора. Анализируются процессы распространения ряда загрязнителей в природных водах. Описываются методологические подходы к индикации гидрохимических трассеров в открытых и закрытых водотоках при оценке антропогенного воздействия на примере свалки отходов в городе Конаково.

Утилизация отходов, водосбор, грунтовые воды, фильтрационные потоки.

Social-and-ecological questions of development of the Tver area of the Russian Federation are considered taking into account a water factor. Spreading processes of a number of pollutants in natural waters are analyzed. Methodological approaches to the indication of hydrochemical tracers in open and closed waterways are described when assessing an anthropogenic influence by the example of the waste dump in a town of Konakovo.

Utilization of wastes, water catchment, ground water, filtration flows.

При разработке международных программ по охране окружающей среды учитывается огромное планетарно-экологическое значение России. Российские леса и заболоченные пространства регенерируют атмосферный кислород и выступают геохимическими барьерами для загрязняющих веществ. Крупнейший на Земле массив практически не освоенных «диких» таежных земель играет большую роль во влагообороте и формировании климата.

Очевидно, что российская территория является экологическим «донором» для многих зарубежных экосистем и обеспечивает устойчивое развитие РФ. Однако сдерживающим фактором является несовершенство природно-технологиче-

ских комплексов мелиорации продуктов антропогенной деятельности. Это приводит к загрязнению поверхностных и многих подземных источников водоснабжения. Максимальный уровень загрязнения наблюдается в районах наибольшего промышленного и сельскохозяйственного развития.

Качество жизни населения в любой части мира напрямую связано с решением задачи утилизации отходов. Процесс урбанизации и расширение хозяйственной инфраструктуры приводят к ежегодному увеличению объема производственных и бытовых отходов. В России общее установленное количество отходов оценивается в 80 млн т. Под свалками занято около

3 млн га, что сравнимо с территорией Бельгии.

На нужды оздоровления и сохранения окружающей природной среды в развитых странах тратятся значительные финансовые средства. В США около 30 лет назад была предложена новая технология захоронения бытовых отходов на основе создания громадных биореакторов, в которых дно и стенки изолированы от окружающего грунта, а верхний герметичный слой предотвращает эмиссию биогаза (смесь метана и CO_2). Биогаз выводится наружу с помощью системы перфорированных труб и используется как топливо. За счет рециркуляции фильтра в толще свалки повышается влажность и ускоряется деградация отходов. В ряде европейских стран уже приняты законы о предотвращении загрязнения органическими отходами окружающей среды. После соответствующей сортировки и переработки органические вещества используют как сырье для получения удобрений и дополнительной энергии [1].

В России безотходные технологии пока не нашли широкого применения: утилизация отходов в природной среде является едва ли не единственным применяемым на практике способом. Усиление антропогенного воздействия приводит к увеличению экологической нагрузки на водные объекты. За последние несколько десятилетий она возросла примерно в 2 раза. Проведенное в бассейне Волги обследование показало, что более чем в половине городов питьевая вода по содержанию индикаторного соединения (хлороформа) не соответствует гигиеническим требованиям [2, 3]. Сложное положение с питьевым водоснабжением продолжает сохраняться в ряде районов Вологодской, Владимирской, Тверской, Нижегородской и других областей.

Проблема утилизации отходов в Тверской области. Одним из наиболее острых вопросов обращения с отходами в Тверской области считается захоронение твердых бытовых отходов (ТБО). Свалки являются объектами муниципальной собственности. А строительство, реконструкция и приведение их в соответствие с современными нормами и правилами – дорогостоящая операция, как правило, непосильная муниципальным бюджетам. Так, только первоначальная стоимость

строительства современного предприятия по сортировке, первичной переработке, хранению и захоронению отходов оценивается примерно в 7 млн долл. [4].

Помимо финансовых трудностей другая причина сложного решения проблемы утилизации отходов относится к недостаткам Федерального Закона «Об отходах производства и потребления» от 24 июня 1998 года № 89. В частности, отмечается малое число правовых норм прямого действия, разночтения в терминологии с Базельской конвенцией, отсутствие разграничения в регулировании обращения с отходами по отношению к здоровью человека и охране окружающей среды, несоответствие современным требованиям по регулированию обращения с отходами, требующими специальных действий (медицинские отходы, отходы производства химических удобрений, утилизация нефтепродуктов, отработанных горючесмазочных материалов и автомобилей, отходы электроники и бытовой техники, ртуть-содержащие отходы). Отсутствуют также правовые нормы экономического стимулирования в сфере обращения с отходами, в реализации принципа ответственности производителя отхода – обеспечение экологически безопасной утилизации [5].

Несмотря на регистрируемую положительную тенденцию снижения содержания в грунте тяжелых металлов (свинца, кадмия, ртути и др.) и отсутствие пестицидов, в области отмечается рост уровня микробного загрязнения почвы, в том числе на территории населенных пунктов. Причины роста уровня микробного загрязнения почвы – неудовлетворительное разрешение проблем утилизации, обезвреживания, хранения и захоронения бытовых и промышленных отходов.

Тверская область обладает рядом характерных особенностей. Она считается относительно экологически чистой природной территорией Центрального административного округа РФ с высоким рекреационным потенциалом. Поэтому, а также из-за выгодного географического расположения вблизи двух столиц, развитие области планируется с помощью создания здесь индустрии международного туризма. Кроме того, водные ресурсы края имеют федеральное значение, снабжая водой центральную Россию. Однако из 99 рекреационных зон области практически

ни одна не имеет санитарно-эпидемиологического заключения. Загрязнение почвогрунтов приводит к загрязнению рек, озер, водохранилищ, являющихся источниками питьевого водоснабжения населения.

Методы и постановка задачи. В Тверской области на Волге в 1937 году построено Иваньковское водохранилище, которое служит одним из главных источников водоснабжения города Москвы. В зоне водохранилища необходимо проведение планомерных исследований формирования качества вод.

Большое значение имеют происходящие в водоеме процессы превращения органического вещества, поступающего извне (аллохтонное вещество) и непосредственно в нем образующегося (автохтонное вещество). Для Иваньковского водохранилища соотношение названных источников органического вещества определяется соответственно как 1 : 0,6. Отсюда следует, что на водохранилище значительно влияет водосбор, в хозяйственном отношении довольно освоенный. Площадь водосбора более чем в 120 раз превышает площадь водохранилища. Поэтому в формировании качества вод водохранилища велика роль аллохтонного органического вещества, поступающего в основной массе с речным стоком. Систематические наблюдения указывают на деструкцию органического вещества в ряде акваторий водоема за счет антропогенных потоков, например в районах ГРЭС и рыбозавода города Конаково, а также в районе Иваньковской ГЭС.

Хозяйственно-бытовые отходы на водосборе водохранилища создают дополнительную антропогенную нагрузку. Исходя из значимости исследования процессов размещения отходов автором предпринята попытка диагностической оценки влияния утилизации ТБО на примере свалки города Конаково Тверской области, где ИВП РАН был организован научный полигон.

Диагноз утилизации – научное описание возможных негативных последствий захоронения продуктов производства и потребления. А сама оценка проводится с помощью методов *натурного моделирования* – путем инструментальных наблюдений в отдельных точках с последующим пространственным усреднением и анализом. Задачи научного по-

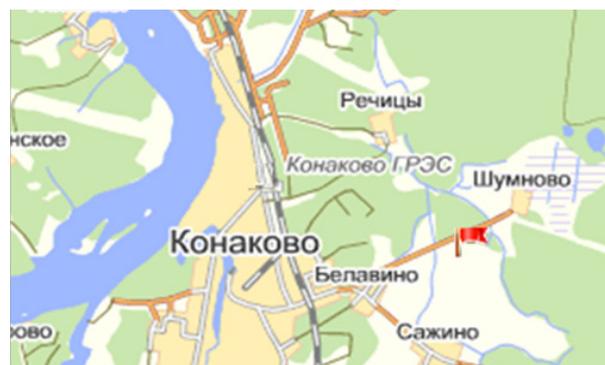
лигона: определить, какие изменения и в какой степени происходят в природных водах, почвогрунтах, воздухе; каков радиус их влияния и какие меры следует предпринять для сокращения отрицательных последствий организации здесь складирования отходов; отработать методику индикации гидрохимических трассеров, характеризующих негативные последствия распространения поллютантов от объектов захоронения хозяйственно-бытовых отходов.

Исследования, результаты, рекомендации. Свалка расположена на возвышенном участке между деревнями Белавино и Шумново в 11 км от районного центра города Конаково. В городе постоянно проживают 46 тыс. жителей. В летний период численность населения в районе значительно увеличивается за счет дачников и туристов, отдыхающих в окрестностях Иваньковского водохранилища, получившего в народе название «Московского моря».

Свалка эксплуатировалась с 1978 по 1998 год, затем ее территория 0,11 км² была частично рекультивирована, уплотнена, окопана дренажными траншеями глубиной 0,5...0,8 м, а работы по утилизации приостановлены. С середины 2000 года сюда вновь стали свозить строительный мусор, промышленные и бытовые отходы.

Геологическое строение территории, на которой располагается свалочное тело, представляет собой водно-ледниковые отложения – пески и супеси, залегающие на моренных суглинках. Уровень грунтовых вод здесь колеблется от 0,3 до 3,0 м.

Физико-географическое положение района исследований с дренирующими его водотоками демонстрирует на рис. 1.



Район исследований. Свалка отмечена флажком

Во время проведения экспедиции было исследовано влияние свалки на грунтовые воды и почвогрунты [6]. Для этого по двум лучам от свалки (с азимутом 255° и 330°) пробурено 9 скважин глубиной до 3 м, вскрывших водоносные горизонты. Расстояние между скважинами 100 м.

Из пород зоны аэрации, включая каждую скважину, отобраны образцы (керны) на определение влажности, механического состава пород и содержания в них основных химических элементов: хлора, сульфатов, нитратов, фосфатов, калия. Из скважин отобраны пробы грунтовой воды для определения в ней содержания хлора, сульфатов, нитратов, аммония, калия, кальция, магния, железа и тяжелых металлов. В воде определяли также pH, перманганатную окисляемость (ПО), цветность и др. По лучам скважин проводили нивелирование высот земной поверхности для характеристики рельефа местности, а также построили геологические разрезы.

Анализ химического состава грунтовых вод и данные мониторинга показали, что наиболее устойчивыми поллютантами являются хлор и сульфат-ионы. Даже на расстоянии 500 м от территории свалки по лучу с азимутом 255° вода в близлежащем карьере содержит повышенные концентрации хлора (45,6...60,0 мг/л) и сульфат-иона (13,0...97,0 мг/л) зимой и летом. Примечательно, что карьер от свалки отделен асфальтированным шоссе.

По другому лучу скважин с азимутом 330° повышенное содержание хлора и сульфатов фиксируется на расстоянии до 300 м, но в меньшем количестве (хлора 10, сульфатов 14 мг/л). Результаты измерений хлора и сульфатов приведены в табл. 1.

Таблица 1
Концентрации хлора и сульфатов по двум лучам измерений от свалки, мг/л

255° 500 м		330° 300 м	
Хлор	Сульфаты	Хлор	Сульфаты
60	97	10	14

Пробы на содержание в грунтовых водах тяжелых металлов обрабатывали на масс-спектрометре ICP-MS 7500a. В резуль-

тате в воде обнаружены марганец, железо, барий и натрия на расстояниях до 50 м от свалки. Концентрации тяжелых металлов здесь превышают ПДК для питьевых вод от 2 до 10 раз. Однако на расстоянии 100 м превышения ПДК в основном не наблюдаются. Исключение составила проба марганца в скважине № 107, расположенной в 300 м от свалки, его содержание составило 0,74 мг/л (при ПДК 0,5 мг/л). Концентрации тяжелых металлов относительно ПДК приведены в табл. 2.

Таблица 2
Тяжелые металлы на расстоянии до 300 м от свалки

МАРГАНЕЦ, ЖЕЛЕЗО, БАРИЙ, НАТРИЙ
Концентрации ≥ ПДК в 2-10 раз

В целом превышение ПДК в районе свалки регистрируется на расстоянии до 500 м. На больших расстояниях ее непосредственное влияние на окружающую среду не определяется, так как становится сравнимым по величине с другими техногенными источниками, например аэрозольными выпадениями с Конаковской ГРЭС. Тем не менее, вблизи свалки наблюдается стабильный поток загрязненных грунтовых вод, который направлен в сторону водохранилища. За счет геоморфологических особенностей территории и фильтрационных свойств грунтов эти стоки могут распространяться на значительные расстояния.

Для теоретической оценки распространения загрязненных фильтрационных потоков воспользуемся гипотезами натурального моделирования. Рассчитаем время «добегания» консервативных примесей до уреза водохранилища с помощью метода линейной экстраполяции.

Есть сведения о фильтрационных свойствах почвогрунтов Тверской области, схожих по гидрогеологическим характеристикам с Конаковским районом. Соответствующие данные были получены во время полевых изысканий на трассе строительства газопровода «Торжок – Минск – Ивацевичи». Для улучшения экологических условий на трассе газопровода рассчитывали параметры инженерной дренажной сети, в частности коэффициенты фильтрации почвогрунтов [7].

Из анализа экспериментальных данных следует, что в зависимости от характера

местности (лес, поле) средняя величина коэффициента фильтрации в слое грунта от 0 до 50 см равняется приблизительно 2 м/сут. Несложные вычисления приводят к выводу, что загрязненные почвенные воды из района свалки достигают уреза береговой линии водохранилища в течение 10 лет.

Что касается влияния поверхностного стока, то он представляет не меньшую, а большую опасность загрязнения по сравнению с подземным. Весеннее снеготаяние, а также ливневые дождевые потоки обычно устремляют загрязненные стоки в открытые водотоки (ручьи, ложбины), где они стремительно продвигаются по уклону местности.

Как показали измерения, вода в защитных дренажных траншеях вокруг свалки сильно минерализована (до 7 г/л), содержит много хлора и сульфатов. Во время переполнения траншей загрязненные воды (ЗВ) неизбежно попадают в поверхностные водотоки. Далее они распространяются вниз по течению к поселку с характерным названием Речицы и потом достигают уреза Иваньковского водохранилища. Таким путем загрязнения частично могут попадать в водохранилище и местные питьевые водозаборы через разветвленную гидрологическую систему. Это видно на примере реки Донховки и вод, поступающих из нисходящего родника в основании правого борта.

За родником ведутся режимные наблюдения [8]. Родник имеет значительные колебания дебита (0,001...0,275 л/с) и температуру от 1,9 до 14 °С, что говорит о его грунтовом питании. Грунтовые воды залегают на глубине 0,5...0,7 м и приурочены к аллювиальным пескам. Максимальные величины концентрации основных ЗВ наблюдаются в роднике во время половодий или осенних паводков. Некоторые из определяемых показателей приведены в табл. 3.

Таблица 3
Концентрация ингредиентов, мг/л,
в роднике, впадающем в реку Донховку
(приток Волги)

Сульфаты	Хлориды	Натрий
383	78	120
Калий	Общая жесткость	
71,8	11	

Свалка, безусловно, влияет и на загрязнение воздушного бассейна. Работая

в течение дня в ее окрестностях, двое сотрудников экспедиции получили отравление удушливыми газами, исходящими от постоянно тлеющего мусора. Состав ядовитых газов и их адвекцию в приземном слое атмосферы планируется изучить впоследствии.

Основным мероприятием по сокращению отрицательного воздействия свалки на природные воды (поверхностные и грунтовые) являются лесонасаждения. Лесная растительность для своего питания и роста использует соединения азота, фосфора, калия, сульфаты, различные микроэлементы. Лесонасаждения служат надежным барьером для ветра, дующего со стороны свалки на город Конаково и на водоохранную зону, где расположены базы отдыха и многочисленные садоводческие товарищества, частично предотвращают аэрозольные выпадения токсических веществ на зеркало Иваньковского водохранилища. Не следует забывать об осуществлении плановых рекультивационных мероприятий и усилении инженерной защиты хранения отходов. Необходим также гидрогеохимический мониторинг окружающей среды.

Известно, что во многих развитых странах утилизация отходов строго дифференцирована по видам: существуют свалки пищевых отходов, металлолома, строительного мусора, стекла и т. д. Такое разделение позволяет эффективно утилизировать отходы.

В России свалки не дифференцируются, а из более мелких населенных пунктов мусор зачастую вообще не вывозится. Тверская область является тому характерным примером. Ее туристическая привлекательность напрямую связана с восстановлением первозданной природы. Не будем также забывать о «мусорном коллапсе» на территориях массового туризма Италии, Индии, Мексики, Бразилии, Украины и других стран, а также на популярных альпинистских маршрутах, например в Гималаях (гора Эверест).

В Тверской области наиболее загрязнена почва в Бежецком, Вышневолоцком, Калининском, Кимрском, Нелидовском, Оленинском, Осташковском и Ржевском районах. Наблюдения показывают, что каждая пятая проба почвы в местах производства сельскохозяйственной продукции (22 %), каждая вторая (58,2 %) в зоне

влияния промышленных предприятий и транспортных магистралей, каждая третья (28,5 %) в населенных пунктах, каждая четвертая (25 %) на территории детских учреждений не отвечают гигиеническим нормативам.

Ухудшение состояния здоровья населения, выраженное в процессах депопуляции, делает актуальной идентификацию экологических факторов, оказывающих сильное повреждающее воздействие. Для исправления сложившейся ситуации недостаточно хорошо налаженной медицинской службы. По данным Всемирной организации здравоохранения, здоровье человека только на 8...12 % зависит от развития здравоохранения, а в остальном является функцией социально-экономических условий (52...55 %), состояния окружающей среды (20...25 %), генетического фонда (12...20 %) [9].

Государственный контроль над сбором, транспортировкой и захоронением отходов осуществляется Ростехнадзором только в организациях федерального уровня экологического контроля. Все другие мероприятия, связанные с отходами, статьей 7 Закона РФ «Об охране окружающей среды» в редакции Федерального закона от 22 августа 2004 года № 122 возложены на органы местного самоуправления. Однако проблема ими не решается без соответствующего финансирования.

Обнадеживающим обстоятельством является выступление премьер-министра РФ Д.А. Медведева 26 января 2012 года. В частности, он предлагает передать из федерального центра на места многие властные полномочия. Провести децентрализацию управления хозяйством. Перейти к формированию государственных финансовых потоков с приоритетным наполнением местных бюджетов

В случае выполнения предложенных инициатив руководства РФ, направленных на развитие финансово-хозяйственной самостоятельности муниципальных образований, будет возможно решение многих задач в социально-экологической сфере: по охране объектов природной среды, улучшению качества жизни населения, развитию рекреации и туризма.

1. Вавилин В. А., Локшина Л. Я.,

Ножевникова А. Н., Калюжный С. В. Свалка как возбудимая среда // Природа. – 2003. – № 5. – С. 54–60.

2. Долгонос Б. М. Проблемы обеспечения качества воды в природно-технологическом комплексе водоснабжения // Инженерная экология. – 2003. – № 5. – С. 2–14.

3. Эльпинер Л. И. Качество природных вод и состояние здоровья населения в бассейне Волги // Водные ресурсы. – 1999. – Т. 26. – № 1. – С. 60–70.

4. Рипинский И. И. Обращение с отходами производства и потребления на территории Тверской области и города Твери: Информ. бюллетень. – Тверь: ТГТУ, 2006. – № 13. – С. 6–8.

5. Женихов Ю. Н., Иванов В. Н., Новиков А. В. Нормативно-правовое обеспечение деятельности по обращению с опасными отходами: Информ. бюллетень. – Тверь: ТГТУ, 2006. – № 13. – С. 9–15.

6. Ахметьева Н. П., Лапина Е. Е., Путьрский В. Е. Изучение влияния свалки города Конаково на качество природных вод. Промышленные и коммунально-бытовые отходы в Тверской области: экологические и технологические аспекты: Информ. бюллетень. – Тверь: ТГТУ, 2006. – № 13. – С. 23–27.

7. Шутов В. А., Капотов А. А. Идентификация факторов гидрологического режима и гидрологические изыскания на трассах газопроводов на северо-западе Европейской России. Геоэкология и рациональное природопользование: Материалы науч. конф. ТГУ. – Тверь: ТГУ, 2005. – С. 43–47.

8. Кудряшова В. В. Особенности химического состава грунтовых вод в зависимости от геологического строения урбанизированной территории, на примере города Конаково: Третья Международная научная конференция молодых ученых и талантливых студентов. – М., 2009. – С. 102–104.

9. Брянцев В. И., Туровцев В. Д., Калинина О. В. Медико-экологическое картографирование Тверской области. Геоэкология и рациональное природопользование: Материалы науч. конф. ТГУ. – Тверь: ТГУ, 2005. – С. 100–102.

Материал поступил в редакцию 09.04.14.

Путьрский Владимир Евгеньевич, доктор технических наук, профессор
E-mail: putyrsky1@yandex.ru