

только в соседние (слабоизмененные) состояния ( $a_i \rightarrow a_{i+1}$ ), но и в сильноизмененные (деградированные) состояния ( $a_i \rightarrow a_{i-k}$ ).

**Заключение.** Прогноз и оптимизацию экологической безопасности и надёжности функционирования систем и объектов необходимо базировать на достоверной идентификации самовосстанавливающихся элементов (цепей), их структурно-функциональной связи, степени управляемости, контролируемости, прогнозируемости и продолжительности циклов функционирования.

Специфичность экологических последствий для природно-хозяйственных систем, формирующих параметрические функции типа времени жизни, обуславливает необходимость учета накопленной меры воздействий и их сдвиг во времени, что требует использования суммарной статистики, на базе теории векторов, и структурного анализа внутренних и внешних свойств системы.

Оптимизация периода функционирования систем в режиме экологической безопасности и надёжности с вероятностью  $P=0,986$  должна базироваться на строго ограниченном числе компонент, достигших критического состояния, при этом экономически эффективным является их покомпонентное восстановление.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шведовский, П.В. Особенности математического моделирования скачков в развитии экологических систем и процессов / П.В. Шведовский, В.В. Лукша // Вестник БГУ. – 2001 – № 2(18) – С. 29–31.
2. Бурлибаев, М.Ж. Чрезвычайные ситуации в природной среде / М.Ж. Бурлибаев, А.А. Волчек, П.В. Шведовский. – Каганат, 2011 – 351 с.
3. Логинов, В.Ф. Практика применения статистических методов при анализе и прогнозе природных процессов / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, П.В. Шведовский. – Брест, 2004 – 301 с.
4. Волчек, А.А. Математические модели в природопользовании / А.А. Волчек, П.В. Шведовский, Л.В. Образцов. – Минск: БГУ, 2002 – 281 с.
5. Волчек, А.А. Мониторинг, оценка и прогноз чрезвычайных ситуаций и их последствий / А.А. Волчек, П.С. Пойта, П.В. Шведовский. – Брест: Альтернатива, 2012 – 425 с.
6. Волчек, А.А. Математические методы в природообустройстве / А.А. Волчек, П.С. Пойта, П.В. Шведовский. – Минск: БГУ, 2003 – 340 с.

Материал поступил в редакцию 18.02.13

#### SHVEDOWSKIY P.V. Features of forecasts and optimization of ecological safety and reliability of functioning of natural and economic and antropogenizirovanny systems

In article theoretical and some practical aspects of forecasts and optimization of ecological safety and reliability of functioning of natural and economic and antropogenizirovanny systems and objects are considered.

УДК:911.5(476):631.4(476)

**Пилецкий И.В., Силко И.К.**

### ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В КУЛЬТУРНЫХ ЛАНДШАФТАХ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

**Введение.** Вторая половина XX столетия характеризуется кардинальным преобразованием природных ландшафтов Белорусского Поозерья. Были распаханы эрозионно опасные склоны, террасы рек, массивы переувлажненных земель, территории, подверженные дефляционным процессам, и т.д. Для организации крупномасштабного сельскохозяйственного производства свели многочисленные колки и лесные массивы. Распашка речных террас и несоблюдение водоохраных зон привели к деградации рек региона. Нерациональная территориальная организация культурных ландшафтов региона способствует изменению климата, является причиной деградации почв и снижения эффективности сельскохозяйственного производства [1, 4]. Поэтому актуальность проблемы объективной оценки антропогенного воздействия на сложившиеся ландшафты бесспорна.

Установление последствий воздействия различных видов технической и сельскохозяйственной деятельности человека на природные процессы, размеров трансформации природных условий, охраны и оптимизации окружающей среды возможно только при наличии систематических исследований изменчивости самого географического ландшафта, но и его важнейшего компонента – рельефа земной поверхности. По первой части проблемы имеется достаточно широкий спектр исследований, чего нельзя сказать об изученности влияния хозяйственной деятельности на развитие эрозионных процессов в культурных ландшафтах возвышенностей Белорусского Поозерья.

**Целью работы** явилось установление влияния хозяйственной деятельности на развитие эрозионных процессов в культурных ландшафтах Белорусского Поозерья и возможности снижения ее

негативного влияния на природные экосистемы.

**Материалы и методика исследований.** Для изучения влияния хозяйственной деятельности на развитие эрозионных процессов в культурных ландшафтах возвышенностей использовались статистические и картографические материалы, данные ландшафтных исследований, обобщения исследований других авторов с применением методов сравнительно-описательного ряда.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В Белорусском Поозерье наиболее распространенными формами рельефа возвышенностей являются овраги. В Беларуси под оврагами занято более 11 тыс. га земель, и их площади продолжают увеличиваться [6]. Особо актуально оврагообразование в формировании рельефа возвышенностей Белорусского Поозерья. Здесь повсеместно наблюдается ускоренная эрозия крутых склонов овражно-балочных долин рек и ручьев, развитие береговых оврагов (склоновых размывов, не выходящих обычно за бровку склонов донных оврагов), вызванных хозяйственной деятельностью [4]. Характерным примером этого являются овраги р. Витьба, ручьев Дунай и Гапеевский (Витебская возвышенность).

Практика показывает, что интенсивность развития, площадь распространения и скорость течения процесса оврагообразования определяется рядом способствующих факторов, из них наиболее важные – климат, рельеф, растительность, геолого-гидрогеологические условия [1, 3, 7].

Влияние климата довольно неоднозначно. Большое количество осадков далеко не всегда способствует интенсивному размыву грунтов, например, в том случае, когда склоны защищены бурно развивающейся растительностью. Наиболее интенсивно оврагообразование

**Пилецкий Иван Васильевич**, к.т.н., доцент Витебской государственной академии ветеринарной медицины.

Беларусь, ВГАВМ, 210026, г. Витебск, ул. 1-я Доватора, 7/11.

**Силко Ирина Константиновна**, старший преподаватель Международного государственного экологического университета им.А.Д. Сахарова.

Беларусь, МГЭУ, 220070, г. Минск, ул. Долгобродская, 23.

протекает на склонах с бедной растительностью, при редких, но сильных ливнях. Это обусловлено тем, что при этих условиях нет препятствия быстрому и бурному стоку атмосферных вод, вызывающих интенсивный размыв поверхности. Исследования показывают, что из всех элементов климата только осадки непосредственно формируют сток воды [4]. Влияние всех других элементов (температура, влажность воздуха, ветер, инсоляция и др.) лишь косвенное.

В большинстве случаев возникновение новых береговых оврагов происходит при выпадении продолжительных и интенсивных осадков. Интенсивность ливневой части таких дождей в большинстве случаев превышала 1 мм/мин., а слой выпавших осадков – 30–40 мм. В каждом из этих случаев происходили очень сильные и чрезвычайные смывы грунтов с активизацией оползневых процессов [2]. Так, при выпадении сильных ливней постоянно размывается откос на участке коммуникаций на правом берегу р. Витьба, что северо-западнее моста по проспекту генерала Людникова. На этом месте из-за осадки засыпанного грунта, суффозионных процессов и сплывов (явление "крипа") четко обозначились контуры берегового оврага. Высота обрывистой стенки по периметру оврага уже превысила 1,4 м, а у вершины – 2,9 м; выявлены и свежие заколы-трещины отрыва масс грунта. У подошвы откоса на участке сброса канализационных вод, образовался растущий береговой овраг, подрезающий откос. Вследствие названных причин сложились благоприятные условия для катастрофического разрушения откоса и расположенных рядом тротуаров, даже при менее сильном ливне.

Образуются новые линейные формы размыва и в результате стока талых вод. Это особенно проявляется в годы, когда во время снеготаяния выдерживается ряд условий – незначительное промерзание почвы, большая мощность снежного покрова, относительно высокие температуры воздуха днем и ночью и стоком более 40 мм [2].

Как отмечалось выше, на процессы эрозии почвогрунтов влияет состояние растительного покрова. Хорошо развитая растительность предохраняет почву от ударов дождевых капель, создает высокую шероховатость поверхности, тем самым снижает скорость склонового потока и улучшает водопроницаемость почвы. Исследования Ц.Е. Миццулавы показали, что противозрозийная стойкость грунтов зависит от наличия сельскохозяйственных культур. Так, благодаря культурной растительности, повышается размывающая скорость (противозрозийная устойчивость грунтов) в 1,2–2,2 раза, а луговой растительности – в 3 раза [3]. При проектировании противозрозийных мероприятий следует быть достаточно осторожным. Это связано с тем, что растительность проявляет свое защитное действие в полной мере только тогда, когда она хорошо развита. Необходимо считаться и со стадией развития растений, и с культурным состоянием угодий. Именно корневые системы растений, а точнее, лишь тонкие корешки, проникая внутрь агрегатов, связывают их друг с другом и тем самым непосредственно изменяют величину донной размывающей скорости.

Исследованиями установлено, что одной из основных причин развития антропогенной сети промоин и береговых оврагов на склонах донных оврагов реки Витьба, ручьев Дунай и Гапеевский является нарушение дернового покрова и уплотнение грунтов [2]. В частности, этому способствовало хаотичное передвижение людей по склонам, нерегулируемый выпас скота, уничтожение древесной растительности на склонах, бровках оврагов и прилегающей территории, освоение бровок оврагов и прилегающей территории под пашню и огороды. Особенно отчетливо это отслеживается на реке Витьба в верхнем течении. Здесь созданы все условия для появления новых промоин и береговых оврагов по пешеходным дорожкам, в местах с нарушением дерново-растительного слоя, по выемкам и канавам вдоль склонов и т.д. в случае прохождения больших проливных дождей. Следует отметить, что из всех видов хозяйственного использования земель в наибольшей степени появлению оврагов способствует распашка [1, 8]. Она сопровождается полным разрушением естественной растительности, разделением склоновых земель искусственными рубежами на ряд водосборов и созданием ложбин стока.

Характерной особенностью антропогенной сети береговых оврагов на левобережных склонах верховья р. Витьба в районах активного хозяйственного использования примыкающих к оврагу земель

является пробуждение старых и появление новых береговых и склоновых оврагов. Это обусловлено, главным образом, искусственными изменениями площади водосбора при землеустройстве и обработке почв. Наблюдения показали, что причиной ускоряющегося роста береговых оврагов и их количества выступает распашка земель вдоль склонов, примыкающих к левобережным склонам оврагов р. Витьба и созданием межей, по которым происходит концентрация разрушительного стока. Анализ материалов исследований о приуроченности оврагов к сельскохозяйственным угодьям установлено, что наиболее сильно оврагами поражены необрабатываемые левобережные склоны р. Витьба.

Отмеченный характер распределения как бы противоречит сложившемуся мнению, что обрабатываемые почвы сильнее подвергаются смыву и размыву. Объясняется это тем, что небольшие углубления, срывы дёрна и перепады после каждого стока воды по необрабатываемым склонам, хотя и медленно, но все же увеличиваются в размерах и количестве. В дальнейшем такие микроперепады или небольшие размоины перерастают в овраги [7, 8]. При прочих равных условиях образующееся на пашне большое количество микроформ рельефа - перепадов, струйчатых размывов и промоин, при очередной обработке почвы (вспашка, культивация, дискование и др.) заполняется соседним грунтом, в результате этого происходит выравнивание и выполаживание дневной поверхности, что проявляется в рельефе малозаметными понижениями (микроложбинами). В дальнейшем поверхностный сток воды разрушает и выносит почвенные частицы микропонижений с образованием на их месте уже углублений, которые опять сглаживаются последующей обработкой.

Из сказанного можно заключить, что сельскохозяйственная обработка земель увеличивает смыв почвенных частиц и развитие микроложбинности, но при этом ухудшает условия образования оврагов. Сделанный вывод особенно важен при использовании технологий с минимальной обработкой почвы. В первое время она будет проявляться сокращением поверхностного смыва, но в дальнейшем следует ожидать интенсификации процесса размыва поверхности и оврагообразования.

Исследования, проведенные на опытно-овражных участках, показали, что характер рельефа, разность отметок водораздела и уровней водотоков, являющихся местными базами эрозии, и уклоны поверхности коренным образом влияют на формирование и развитие овражной сети. Интенсивность размыва находится в прямой зависимости от живой силы движущегося потока, которая резко возрастает при больших уклонах. Таким образом, рельеф местности формирует характер стока, скорость движения воды и в конечном итоге кинетическую энергию потока. Но это не означает, что он выступает непосредственной причиной смыва или размыва почвенного покрова. Рельеф является лишь причиной, фоном формирования стока, и его влияние на развитие эрозийных процессов конкретной территории сказывается через посредство стекающей воды.

Наиболее заметное воздействие на формирование стока воды и, как следствие, на вынос почвенных частиц оказывают длина, крутизна, экспозиция и форма склона земной поверхности. Оврагообразование в большей мере зависит от крутизны склона, чем от его длины. Исследования показывают, что чаще всего овраги образуются на самых крутых отрезках склонов. В то же время на коротких и крутых склонах скорость стока даже небольших струй воды достигает 1,0–1,5 м/сек и более. Однако в таких условиях из-за ограниченности массы воды не могут сформироваться потоки с большой кинетической энергией, способной выполнить работу по разрушению и транспортировке слагающих почвенный профиль грунтов. Следует отметить, что на склонах со средними значениями длины и крутизны создаются наиболее благоприятные условия как для концентрации воды и ее массы, так и для увеличения скорости. Энергия потока достигает здесь критических значений и большой разрушительной силы.

На левобережных склонах в верховье р. Витьба береговые овраги расширяются и увеличиваются в объеме в результате глубинной и боковой эрозии в устьевых и средних частях оврагов с постепенным продвижением вверх. В местах примыкания освоенных под пашню склонов к оврагам прогрессирует линейный прирост, обрушение и

регрессивное отступление вершинного перепада, выход береговых оврагов за верхние бровки склонов и превращение их в склоновые. Максимальная интенсивность процесса оврагообразования приходится на периоды весеннего снеготаяния и сильных ливневых дождей, вследствие значительной концентрации воды и достижения размывающих скоростей потоков по межам и бороздам у бровок склонов. Склонам, имеющим местный базис эрозии 20-25 м, свойственна наибольшая плотность оврагов.

Кроме отмеченных факторов, на образование форм размыва на склонах оврагов влияет геологическое строение и литологический состав грунтов. При благоприятных условиях, например, когда на поверхность выходят легко размываемые песчано-глинистые грунты со значительной их мощностью, скорость роста береговых и склоновых оврагов достигает десятки метров в год с большой глубиной врезки. Так, на склонах оврагов р. Витьба, ручьев Дунай и Гапеевский наиболее густая сеть береговых оврагов образовалась на участках, сложенных легко размываемыми песчано-глинистыми грунтами. Менее интенсивно проявилась эрозия на склонах, сложенных моренными супесями и суглинками.

В исследованиях влияния влажности грунта на сопротивление его смыву установлено, что эрозия склонов с разной экспозицией развивается неодинаково: северные и западные склоны меньше подвержены смыву. Объясняется это тем, что они всегда влажнее южных и восточных, а следовательно, их почва присуща большая связность [8]. Противозерозионная стойкость почв определяется не только степенью увлажнения, но и состоянием дневной поверхности и характером дождя. Влияние влажности на эрозию при хорошо структурированной суглинистой почве с развитой растительностью незначительно, а на почвах, лишенных естественной растительности, следует учитывать еще и интенсивность дождя. Небольшие дожди на сухой почве, в отличие от влажной, не вызывают стока, а следовательно, нет и смыва. Сильные дожди, сопровождающиеся стоком, при любой исходной влажности почвы вызывают определенные разрушения ее поверхности [9]. При переувлажнении почв ее связность заметно снижается. При выпадении на такую почву ливня эрозионные процессы резко интенсифицируются и последствия бывают достаточно серьезными.

Исследования прогиба р. Витьба в районе ул. Ленина по причине наличия в откосе выемки в виде ложбины, водонасыщения грунтов до полной влагоемкости и высокой концентрации поверхностного стока образовалась промоина глубиной до 1,5 м с отвесными стенками. Эта промоина из-за донной эрозии, сопутствующих оползневых процессов, сплывов грунта (при его оттаивании весной и в продолжительные дожди) в виде небольших блоков или вязкого течения и образующихся по периферии разрушенной части откоса залочков (новых трещин обрыва) постепенно превращается в овраг. Концентрация стока в выемке приводит к разрушению откоса и формированию между бордюром и валиками из выдавленных грунтов своеобразных водоподводящих лотков.

Деформация бордюра вдоль верхней бровки откоса обусловлена рядом факторов: уплотнением насыпи при оттаивании грунтов и во время продолжительных дождей, увеличением влажности и пластических свойств грунтов, динамическими нагрузками движущегося транспорта, сопротивлением грунтов вдавливанию с возможностью бокового выпирания грунтов из-под асфальта (бордюра), а также влиянием утечек из деформированных городских коммуникаций.

В период продолжительных дождей при длительном водонасыщении грунтов до полной влагоемкости произошел размыв грунтов и обрушение нижней части подпорной стенки в районе дома № 15 по ул. Толстого [11]. Этому способствовала концентрация дождевого стока по образованной в склоне ложбинообразной выемке; наличие у подпорной стенки под делювиальными грунтами ниши; постепенное повышение влажности грунта до состояния полной влагоемкости; размыв и обрушение его с выдавливанием и последующим размывом нижней части подпорной стенки.

Примеров возникновения эрозионных форм размыва, подобных описанным, на склонах оврагов р. Витьба, ручьев Дунай и Гапеев-

ский множество. Все они и их параметры нанесены на соответствующую маршрутную карту.

Склоновые овраги - современные линейные эрозионные формы на склонах донных оврагов, выходящие за бровки склонов донных оврагов на приводораздельные склоны – обязаны неправильному размещению на местности границ угодий, полей, дорог и других линейных рубежей.

Концентрация сбросов ливневых и производственно-бытовых вод в склоновые овраги способствовала возрастанию донной эрозии и образованию на их склонах оползней и обвалов. Нами выявлены интенсивная донная эрозия, обрушение берегов и оползневые смещения в склоновом овраге, пересекающем ул. 9-ю Стадионную. В устье склонового оврага из-за размыва русла ниже бетонного коллектора произошло обрушение 3-х труб коллектора.

Установлено, что высокая скорость роста большинства береговых оврагов обусловлена неорганизованным (концентрированным) сбросом на склоны ливневых и производственно-бытовых вод, утечками или прорывом коммуникаций. Как правило, такие овраги растут в течение нескольких лет, а затем их рост замедляется или даже прекращается при отсутствии водосбора.

Абсолютное большинство береговых и склоновых оврагов являются действующими. Внешне это проявляется в наличии перепадов различной высоты, их частичной или полной незадернованности. В возрастном отношении овраги неодинаковы и находятся на разных стадиях развития. Одни находятся в начальной стадии образования, вторые – интенсивного роста, третьи – затухшие (приостановившие рост), но при благоприятных условиях в будущем способны активизировать свое развитие. Заращение действующих оврагов растительностью не всегда свидетельствует о прекращении процесса оврагообразования.

Как показывает практика, при определенной (критической) скорости потока сначала образуются ложбины стока, а затем они превращаются в береговые овраги. Этот процесс зачастую проявляется образованием не только малых береговых, но и склоновых оврагов. При этом факт большей частоты расчленения крутых склонов береговыми оврагами нельзя объяснить естественными причинами, так как площади их водосборов не в состоянии формировать сток с достаточной энергией для оврагообразования. Поэтому правомерно предположить, что существует элемент случайности при образовании оврагов – искусственность их происхождения, т.е. участие еще и хозяйствующего субъекта в этом процессе.

**Заключение.** На основании проведенных исследований установлено, что чрезмерной расчлененности склонов р. Витьба, ручьев Дунай и Гапеевский промоинами, береговыми и склоновыми оврагами способствовала хозяйственная деятельность, которая проявилась:

- неорганизованностью сброса по склонам ливневых и производственно-бытовых стоков, утечки из коммуникаций, их прорыв;
- несоблюдением требований противозерозионной агротехники при проведении работ на прилегающих к бровкам оврагов пахотных землях;
- уничтожением защитных лесонасаждений;
- бесконтрольностью создания карьеров строительных материалов;
- сведением древесной растительности на крутых склонах и бровках оврагов, что спровоцировало разрушение их почвенного покрова;
- выпасом животных на склонах и бровках оврагов, что привело к уничтожению дернового слоя и уплотнению почв;
- чрезмерной изреженностью травяной растительности на склонах оврагов из-за неупорядоченного передвижения людей;
- самовольной разработкой местным населением склонов и бровок оврагов, сложенных песчано-глинистым грунтом, для хозяйственных нужд, вследствие чего разрушился растительный и почвенный покров, образовались перепады и ямы, которые со временем трансформировались в овраги;
- отсутствием системности в использовании эрозионно-опасных земель;

- недоучетом специфических особенностей рельефа местности при строительстве зданий и сооружений вблизи бровок оврагов, что нередко приводило к созданию искусственных водосборов и концентрации значительных объемов воды. В каждой конкретной ситуации все это проявляется не по отдельности, а в сложном взаимодействии с природными факторами.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вальков, В.Ф. Почвоведение: учеб. для вузов / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – М., Ростов-на-Дону: МарТ, 2004. – 493 с.
2. Герасимов, Т.А. Заключение по инженерно-геологическим изысканиям для подпорной стены в районе дома №15 по ул. Толстого в г. Витебске / Т.А. Герасимов – Объект арх. №855/97. – 220 с.
3. Мирцхулава, Ц.Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости / Ц.Е. Мирцхулава. – М.: Колос, 1967. – 182 с.

4. Пилецкий, И.В. Теория, факторы и процессы, формирующие культурные ландшафты сельских агломераций (на примере БелорусскогоПозерья): монография / И.В. Пилецкий. – Витебск: ВГУ им. П.М. Машерова, 2004. – 240 с.
5. Родин, А.Р. Лесомелиорация ландшафтов: учебное пособие для студентов по направлению 656200 / А.Р. Родин, С.А. Родин, С.Л. Рысин. – 4-е изд. доп., исп. – М.: МГУЛ, 2002 – 127 с.
6. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. комитет Республики Беларусь. [Под ред. В.С. Метез]. – Минск: Изд-во «Информационно-вычислительный центр Республики Беларусь», 2010. – 270 с.
7. Сурмач, Г.П. Водная эрозия и борьба с ней / Г.П. Сурмач. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 196 с.
8. Яковлев, А.С. Лесомелиорация ландшафтов: учебное пособие / А.С. Яковлев, М.А. Карасева, В.Г. Краснов – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2008. – 128 с.

*Материал поступил в редакцию 18.02.13*

#### PILETSKY I.V., SILKO I.K. Economic activity as development factor erosive processes in cultural landscapes of the Belarusian Poozerye

On the basis of references and practical research of the river Vitba and streams Danube and Gapeevsky the Vitebsk height ovrageobrazovatelny processes and the phenomena in cultural landscapes are investigated. It is established that development of an ovrachny network causes set of factors, economic activity of the person, natural and geological processes are basic of which. The reasons promoting development of an erosion on slopes of ravines are called.

УДК 631.62:502.7

**Рокочинский А.Н., Громаченко С.Ю.**

### ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ В ЗОНЕ СКЛАДИРОВАНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ

**Введение.** В последние годы активизировались исследования вопросов оптимизации природопользования и оздоровления состояния окружающей среды (ОС) [1]. Особое место в этом процессе занимают водные ресурсы, поскольку ни одна сфера деятельности человека невозможна без использования воды. Водоресурсный потенциал любой территории является важной основой ее экономического развития, социального и экологического благополучия.

Загрязнение водных объектов и грунтов часто обусловлено наличием населенных пунктов, не имеющих канализационных систем, функционированием складов ядохимикатов и топливосмазочных материалов, полигонов твердых бытовых отходов (ТБО), скотомогильников, животноводческих ферм и др. без инженерных систем защиты ОС.

Как свидетельствуют современные исследования отечественных и зарубежных ученых, продолжительное накопление бытовых отходов на свалках приводит к возникновению непредсказуемых физико-химических и биохимических процессов, продуктами которых являются многокомпонентные и многофазовые потоки загрязняющих веществ [2, 3].

Объекты складирования отходов характеризуются *миграционной способностью*, поскольку в ландшафтно-геохимической системе, в пределах которой расположен полигон или свалка ТБО, происходит движение и перераспределение химических элементов и их соединений [4].

Миграция веществ в пределах массива складирования отходов определяется в основном такими ее видами как механическая (перенос веществ, находящихся в твердом виде под действием гравитации в основном водными потоками) и физико-химическая (обусловлена процессами диффузии, растворения, сорбции-десорбции, когда в водных растворах элементы перемещаются в виде ионов, молекул и коллоидных частиц). При этом миграция элементов может происходить в жидкой фазе (разгрузка потока фильтрата в грунтовые воды), газообразной (выделение углекислого газа, метана, токсических веществ продолжительного воздействия и веществ неметаногенного происхождения) и твердой (вследствие действия гравитации, диффузии или перекристаллизации).

В грунтовые воды загрязняющие вещества поступают в основном за счет фильтрации из отвалов ТБО или с поверхности земли вместе с инфильтрационным питанием. В таких условиях миграция токсических соединений усложняется тем, что наряду с основным переносом их по направлению потока возникает поперечное их распространение по глубине под действием диффузионно-конвективного и конвективного переносов.

Направленный характер миграционных потоков и изменение на пути их движения геохимической среды приводит к дифференциации химических элементов и их соединений в вертикальном и горизонтальном направлениях. Явление накопления последних вследствие локальных изменений условий миграции в определенной части ландшафтно-геохимической системы называется *барьерностью* [4–6].

Согласно теории *природных и техногенных* геохимических барьеров, разработанной А.И. Перельманом и получившей дальнейшее развитие в работах А.И. Голованова, М.А. Попова, Л.Ф. Пестова, С.А. Максимова, М.В. Khire, R.K. Rowe и др., такими барьерами выступают участки ландшафта, в которых на относительно коротком расстоянии происходит уменьшение интенсивности миграции химических элементов, вследствие чего увеличивается их концентрация [4].

Если *природные* геохимические барьеры формируются в результате закономерной пространственной эволюции ландшафтов, то *техногенные* барьеры создаются искусственно на пути движения техногенных потоков для минимизации загрязнения ОС.

Для защиты от загрязнения территорий и водных объектов путем локализации и дальнейшей нейтрализации вредных веществ, содержащихся в отходах и потоке фильтрата, нами предлагается применение комплекса инженерно-мелиоративных мероприятий (КИММ) [7, 8].