

УДК 502.3; 551.15 (476)

ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ПОДХОДОВ И МЕТОДОВ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

М.Г. Ясовеев

(доктор геолого-минералогических наук, профессор)

А.И. Андрухович

(магистр географических наук, аспирант)

Аннотация. Дана оценка основных подходов и методов геоэкологического исследования природно-техногенных систем. Установлены основные критерии геоэкологической оценки природно-техногенных систем: комплексный подход; региональный подход; ландшафтный подход. Предложен метод балльной оценки состояния объектов окружающей среды через присвоение балльной оценки уровням загрязнения применительно к компонентам ландшафта: рельефу, почвам, грунтам, растительному покрову, грунтовым водам, геохимическим барьерам, поверхностным водным объектам. Проведена группировка систем показателей, определяющих устойчивость природных систем. Предложено модифицированное уравнение балльной оценки вероятности накопления загрязняющих веществ в сопряженных средах исследуемых территорий, при разработке интегрального критерия оценки состояния объектов окружающей среды.

Ключевые слова. Природно-техногенная система, картографический метод, математический метод, геохимический метод, балльная оценка, геохимический барьер, устойчивость природных систем.

Введение

В настоящее время экологическая обстановка в городах Беларуси, где сосредоточены основные хозяйственно-отраслевые комплексы, ухудшается. Как следствие, продолжает обостряться проблема загрязнения всех компонентов окружающей среды. Наибольшее давление на них оказывают предприятия, в составе выбросов, сбросов и твердых отходов которых содержатся токсичные и высокотоксичные соединения. Увеличивающееся рассеяние токсичных веществ в окружающей среде создает в отдельных районах страны неблагоприятную экологическую обстановку, отрицательно сказывается на здоровье населения, способствует формированию зон высоких концентраций загрязняющих веществ. Снижение уровня техногенного воздействия на природные системы является приоритетной задачей обеспечения экологической безопасности, а от качества оценки состояния окружающей среды зависит эффективность принятия управляющих решений и реализация политики рационального природопользования.

Постановка задачи

Основные подходы и методы исследования объектов окружающей среды заложены в работах М. А. Глазовской [4], А. И. Перельмана [12], Н. С. Касимова [6], Ю. Е. Саета [14], Т.И. Кухарчик [9], А.Н. Витченко [3], П.С. Лопуха [10], В.Н. Киселева [7], М.Г. Ясовеева [15] и других исследователей. Цель комплексной геоэкологической оценки территории — выявление природных и антропогенных факторов возникновения экологической опасности и определение масштаба и интенсивности их проявления на конкретной территории. Для обеспечения сложной процедуры комплексной геоэкологической оценки конкретной природно-техногенной системы необходима реализация ряда задач:

– зонирование оцениваемой территории по величине допустимой антропогенной нагрузки на компоненты элементарных ландшафтов;

- определение структуры антропогенной нагрузки и характеристики воздействия объектов техносферы на компоненты окружающей среды;
- районирование территории по состоянию компонентов окружающей среды с выделением участков, характеризующихся сверхнормативной антропогенной нагрузкой.

Методы исследований

Зонирование оцениваемой территории по величине допустимой техногенной нагрузки основано на применении различных методов исследования и оценки окружающей среды, среди них наиболее часто используются картографический, математический, геохимический и комплекс методов балльной оценки [4].

- *Картографический метод* исследования объектов окружающей среды, применяемый достаточно длительное время, включает картографическое моделирование предмета исследования, осуществляемое различными способами, и позволяет проводить анализ пространственной структуры явлений [2].

- *Математические методы* позволяют создавать особые описания природных и техногенных явлений и процессов на основе математических моделей. В современной практике природопользования выделяют три разновидности моделей:

- математические, строящиеся без учета пространственного координирования явлений, результаты которых не подлежат картографированию;
- модели, в которых результаты картографируются, но пространственный аспект на этапе реализации математических алгоритмов не учитывается;
- модели, в которых без учета пространственного положения явлений невозможно реализовать математические расчеты.

В связи с отсутствием строгих математических описаний многофакторных процессов в окружающей среде для их моделирования используют математический аппарат теории вероятностей и математической статистики [9].

Принципиальное значение в геоэкологических исследованиях окружающей среды имеют адаптивные методы моделирования, базирующиеся не только на анализе ретроспективной информации, но и на анализе вновь поступающей текущей информации, позволяющей наиболее эффективно учесть временную и пространственную статистическую неоднородность характеристик окружающей среды. Эффективность функционирования таких моделей в существенной мере зависит от подготовленности блока оптимизирующих моделей, используемых в рамках осуществления нормативных прогнозов и позволяющих осуществить выбор наиболее целесообразных предложений по охране и рациональному водопользованию на конкретной территории [5].

- *Геохимический метод* — один из наиболее распространенных и перспективных методов исследования окружающей среды, который позволяет изучать распределение, процессы миграции и концентрации химических элементов и их соединений в различных средах: природных, техногенных, природно-техногенных [12]. В настоящее время методы геохимии ландшафтов используются для решения проблем окружающей среды, в частности для выявления кризисных экологических ситуаций в различных регионах путем оценки загрязнения ландшафтов. Ландшафтно-геохимические методы применяют на всех стадиях оценки состояния локальных и региональных природно-техногенных систем. На региональном уровне в такие оценки целесообразно включать блоки оценки природного геохимического фона исследуемого региона, состояния и степени загрязнения промышленных центров, влияния промышленного производства на природные среды, а также блок комплексного эколого-геохимического картографирования исследуемой территории по степени загрязнения. Особое значение придается изучению геохимического состояния городов и промышленных площадок.

Разработке методологических принципов геохимического изучения городов и промышленных агломераций посвящен ряд работ отечественных и зарубежных исследователей [9,10]. Ландшафтно-геохимические исследования являются одним из основных методических приемов и направлены на анализ пространственной дифференциации природных и антропогенных ландшафтов. В этом случае изучаются факторы загрязнения и «самоочищения» исследуемых элементарных ландшафтов, радиальной и латеральной структуры антропогенно

измененных ландшафтов, процессов трансформации и устойчивости их к загрязнению под влиянием техногенеза.

Большое значение при оценке экологического состояния объектов окружающей среды имеет ландшафтно-геохимический анализ, который связан с изучением конкретного распределения загрязняющих веществ в природных и природно-техногенных системах [8]. Для каждой депонирующей среды или компонента ландшафта, где происходит депонирование (снег, почва, растения, донные отложения), применяют специфические способы и методики исследований. В целях выявления причинно-следственных взаимосвязей между природными ландшафтами, почвенно-геохимическими факторами загрязнения и самоочищения и загрязнителями необходимо проведение расчетов и создание алгоритмов для прогноза изменений экологического состояния объектов окружающей среды. Возможность разработки такого прогноза, определение закономерностей последующих изменений состояния окружающей среды обусловлены ретроспективными наблюдениями, которые были накоплены в ходе мониторинга [4].

Основные методы прогнозирования, применяемые в практике оценки качества окружающей среды, делятся на категории:

- по способу прогнозирования: экспертные, аналоговые, сравнительно-геологические, расчетные (математические, в том числе вероятностно-статистические) и экспериментальные;
- по содержанию: экстраполяционные, нормативные, качественные, полуколичественные и количественные;
- по отношению ко времени прогнозирования: срочные, бессрочные, безотносительные ко времени,
- по отношению к пространству: глобальные, региональные, локальные, детальные;
- по отношению к охвату различных условий: общие, частные, поэлементные, комплексные или интегральные.

При составлении прогнозов учитывают, прежде всего, устанавливаемые в ходе многолетнего мониторинга тенденции и закономерности изменения параметров и показателей различных элементов окружающей среды.

Каждый прогноз должен сопровождаться оценкой его точности и надежности. В основе верификации лежит анализ достоверности и полноты исходной информации, адекватности выбранной модели конкретной природно-техногенной системы используемым при моделировании методам и близости прогнозных оценок с наблюдаемыми природными характеристиками. Все прогнозируемые изменения природно-техногенных систем в зависимости от принятой методики выражаются степенью подверженности природной среды изменению на основе принятых критериев оценки состояния окружающей среды [11].

Таким образом, современная геоэкологическая оценка состояния объектов окружающей среды реализуется в виде процедуры, которая включает: комплексный подход к учету совокупности природно-экологических и социально-экономических факторов определенного объекта; региональный подход к разработке перспективных и эффективных технологий защиты окружающей среды от загрязнения; ландшафтный подход, обеспечивающий принцип ландшафтно-территориальной дифференциации проектирования систем защиты окружающей среды; прогнозирование с учетом перспектив развития и изменения природных условий на исследуемой территории в результате того или иного вида техногенного воздействия.

Методы балльной оценки состояния объектов окружающей среды. Для интегральной оценки и прогноза, как правило, определяют общий, единый показатель на основе некоторой системы баллов. Существуют разработки оценок в виде «взвешенных баллов» [13] или системы обычных баллов, число которых может быть различным. В настоящее время сложились две системы балльной оценки; простая и сложная.

Шкала баллов представляет собой качественную классификацию — разбиение ряда непрерывно усиливающихся или ослабляющихся явлений на несколько градаций, число которых может быть различным. Баллы задаются целыми числами (простая система) или вычисляются как процент от максимального значения, и в таком случае они могут быть любым действительным числом (сложная система). Оценочная шкала баллов может быть равномерной и неравномерной — правила разбиения определяются целями оценки.

Наиболее часто используют трех-, пяти-, и реже шести- и десятибалльные шкалы, с помощью которых каждому из объектов присваивается значение от нуля (или от единицы) до некоторого максимального числа баллов [1].

Рассмотрим систему присвоения балльной оценки уровням загрязнения применительно к компонентам ландшафта: рельефу, почвам, грунтам, растительному покрову, грунтовым водам, геохимическим барьерам, поверхностным водным объектам

Рельеф Реакция геологической среды на тот или иной вид воздействия во многом зависит от такого компонента ландшафта, как рельеф. Даже при наличии сравнительно невысоких возвышенностей существенно изменяются микроклимат в отдельных районах и характер рассеивания вредных веществ. На пересеченной местности распространение вредных примесей носит неравномерный характер; в пониженных местах образуются застойные, плохо «проветриваемые» зоны с высокой их концентрацией [1]. Рельеф влияет на расположение элементарных ландшафтов, на соотношение механической и химической денудации, на процесс водного обмена и протекание окислительно-восстановительных процессов.

По естественной направленности развития все элементы рельефа подразделяют на три основные категории, область сноса и денудации, область транзита, область аккумуляции.

Реакция этих категорий рельефа на техногенное воздействие различна. В случае поверхностного загрязнения в области сноса проникновение загрязнения на глубину будет ограниченным, а его площадное распространение — значительным. В условиях слаборасчлененного рельефа это распространение более равномерно, а в расчлененном — менее равномерно с ареалами временной повышенной концентрации по руслам и тальвегам. Подобное загрязнение на площадях аккумулятивного рельефа приводит к накоплению загрязняющих веществ на поверхности, постепенному заражению глубинных горизонтов, медленному процессу очищения природной среды. Слаборасчлененные водораздельные пространства отличаются рассеиванием стока, однако миграция вещества здесь протекает медленно, а способность к самоочищению ограничена. Рельеф долин способствует активной миграции загрязнения и концентрации его на днищах долин.

Следовательно, наименьшее накопление загрязняющих веществ будет происходить в верхних частях возвышенностей (рекомендовано присваивать 1 балл), более существенное — на склонах (2 балла), далее следуют надпойменные террасы (3 балла), поймы рек (4 балла). Наибольшим накоплением будут характеризоваться замкнутые формы, такие как котловины (5 баллов). Движение воды и растворенных соединений по поверхностям возможно при минимальном наклоне, измеряемом минутами и даже секундами. Естественно, что процессы миграции растворимых загрязняющих веществ, их рассеивание и концентрация в целом активизируются с возрастанием уклонов поверхностей [4]. Перемещение твердого вещества при благоприятных условиях начинается на поверхностях с уклонами $0.5\text{--}1.5^\circ$, но часто оно фиксируется лишь при уклонах более $1\text{--}3^\circ$. На пологих склонах с углами наклона $2\text{--}4^\circ$ смещение материала заметно проявляется в пылеватых грунтах в условиях полной обнаженности и активного ливневого или снегового стока. Это склоны плоскостного и делювиального смыва. При больших уклонах фиксируется движение материала на луговых или залесенных склонах под влиянием переменного увлажнения и температурных колебаний — дефлюкционное смещение.

Следовательно, оценка по пятибалльной шкале может быть следующей, для уклонов поверхностей более 6° — 1 балл; $4\text{--}6^\circ$ — 2 балла, $2\text{--}4^\circ$ — 3 балла; $1\text{--}2^\circ$ — 4 балла, менее 1° — 5 баллов.

Почвы реагируют на антропогенное воздействие в зависимости от мощности и структуры почвенных горизонтов. Большую роль в устойчивости почв и их реакции на загрязнение играет механический состав. По мере нарастания глинистости возрастает сопротивление механическим нагрузкам, эрозионным и дефляционным процессам, сокращается фильтрация вредных соединений в нижние почвенные горизонты, но возрастает опасность площадного распространения загрязнения [4].

• Песчаные почвы характеризуются наивысшей способностью к фильтрации и обеспечивают способность ландшафта к самоочищению (1 балл).

- Супесчаные почвы обладают некоторой сорбционной способностью, и в них может наблюдаться небольшая концентрация загрязняющих веществ (2 балла).
- Суглинистые почвы способны удерживать большее количество веществ в верхних горизонтах (3 балла).
- В глинистых отложениях наблюдается поверхностный смыв, особенно в верхних частях возвышенностей и на склонах, однако на ровных поверхностях происходит процесс аккумуляции (4 балла).
- Торфяные почвы обладают высокой сорбционной способностью (5 баллов).

В многочисленных исследованиях техногенных литогеохимических аномалий установлено аккумулятивное распределение элементов-поллютангов с максимумом на поверхности органоминеральной части профиля. В поверхностном горизонте и лесной подстилке суммируются два миграционных потока тяжелых металлов: нисходящий техногенный из атмосферы и восходящий, реализуемый за счет корневого поглощения металлов растительностью, т. е. горизонт опада и подстилка являются экраном- накопителем и средой трансформации аэрозольных и биогеохимических форм миграции тяжелых металлов в комплекс почвенных.

Минерализация опада сопровождается возрастанием концентраций металлов в органической материале. Измельчение растительного материала — это косвенный показатель трансформации органического вещества и сопровождается возрастанием концентрации металлов — максимальное их содержание наблюдается в наиболее мелких частицах.

Формирование гумусовых веществ сопровождается закреплением металлов, «лидируют» в этом процессе элементы, тяготеющие к высокомолекулярным соединениям. Результирующий эффект процессов накопления и трансформации растительных остатков в отношении металлов проявляется в их концентрировании, «спрессовывании» исходных количеств, поступающих с опадом из атмосферы, в органическом веществе. Максимальная концентрация элементов - загрязнителей приурочена к верхнему горизонту почв мощностью до 10 см. Аккумуляция металлов на поверхности почвы ярко выражена только в случае сохранения растительного покрова и органических остатков, препятствующих латеральному поверхностному переотложению металлоносного материала. Постоянный снос дисперсного материала поверхностным стоком препятствует накоплению металлов эродированными почвами. Исходя из вышеизложенного баллы были распределены следующим образом: содержание гумуса до 1 % — 1 балл; 1—2 % — 2 балла; 2—4 % — 3 балла; 4—6 % — 4 балла; более 6 % — 5 баллов.

Грунтовая толща может быть представлена различными типами горных пород, оказывающих влияние на закономерности распространения загрязнения. Ее важными характеристиками как геохимического барьера являются строение, литологический состав, мощность и трещиноватость. Высокие фильтрационные свойства рыхлых отложений и пород с высокой степенью трещиноватости обеспечивают практически беспрепятственную миграцию загрязняющих веществ. По мере уменьшения проницаемости подстилающих отложений увеличивается опасность накопления токсикантов в вышележащих горизонтах.

По характеру распространения вод от источника загрязнения можно выделить следующие типы разрезов:

- однородные, хорошо проницаемые породы (распространение загрязненных вод источника зависит от их проницаемости — 1 балл);
- хорошо проницаемые породы на водоупоре (радиус распространения вод источника определяется скоростью фильтрации подземных вод а верхнем слое — 2 балла);
- слабопроницаемые, подстилаемые хорошо проницаемыми породами (распространение загрязненных вод источника зависит от проницаемости обоих верхних слоев — 3 балла);
- слабопроницаемые породы (радиус распространения вод источника определяется скоростью фильтрации подземных вод — 4 балла);
- однородные водоупорные породы (радиус распространения загрязненных вод ограничен — 5 баллов).

Растительный покров. Биогенный этап формирования химического состава природных вод начинается при контакте атмосферных осадков с растительностью. Взаимодействие живых

биогеохимически активных поверхностей с веществом аэрального потока ведет к трансформации как твердофазной, так и растворенной составляющих его геохимической нагрузки. Перехват и удержание частиц зависят от размера, формы, влажности и текстуры поверхности улавливающего органа растения. Растительность также выступает как активный поглотитель газовых примесей. При первом же контакте с растениями газы связываются и растворяются на внешней поверхности.

Таким образом, оценочные баллы могут быть распределены следующим образом: травянистый покров — 1 балл; широколиственные леса — 2 балла, мелколиственные леса — 3 балла; смешанные леса — 4 балла; хвойные леса — 5 баллов.

Следует отметить, что степень улавливания загрязнений из аэрального потока зависит и от степени покрытия территории древесной растительностью. В зависимости от лесистости территории можно распределить вероятность накопления загрязняющих веществ по пятибалльной шкале следующим образом: менее 10 % — 1 балл; 10—30 % — 2 балла; 31—60 % — 3 балла. 61—80 % — 4 балла; более 80 % — 5 баллов.

Грунтовые воды. По мере увеличения глубины залегания грунтовых вод увеличивается вероятность накопления и закрепления загрязняющих веществ в вышележащих горизонтах. Это связано с тем, что почвы и грунты являются как бы естественным фильтром и задерживают переносимый материал. С увеличением глубины залегания грунтовых вод увеличивается мощность грунтовой толщи от поверхности до водоносного горизонта, и, соответственно, уменьшается вероятность попадания в них токсикантов и последующей их миграции на значительные расстояния. Однако глубина залегания грунтовых вод менее 2 м способствует образованию участков застойного увлажнения, что резко ухудшает промывной режим территории и формирует низкую способность ландшафта к самоочищению. В этом случае можно распределить баллы следующим образом: глубина залегания грунтовых вод от 2 до 4 м — 1 балл; от 4 до 6 м — 2 балла; от 6 до 10 м — 3 балла; более 10 м — 4 балла.

Геохимические барьеры. Направленный характер миграционных потоков и смена на пути их движения геохимических обстановок приводят к дифференциации химических элементов. Подвижность химических элементов и их соединений зависит от термодинамических, биогеохимических и физико-химических условий той среды, в которой движется миграционный поток. Изменение этих условий при прохождении потока через определенные блоки ландшафтно-геохимических систем вызывает увеличение миграционной способности одних компонентов и уменьшение подвижности других. Наличие геохимических барьеров вызывает резкое увеличение концентрации определенных химических элементов, поэтому по степени выраженности геохимических барьеров оценочные баллы можно распределить следующим образом: слабовыраженные — 3 балла; средневыраженные — 4 балла; сильновыраженные — 5 баллов.

Результаты и их обсуждение

По результатам анализа широко применяемых в прогнозных исследованиях методов балльной оценки состояния объектов окружающей среды, подверженных техногенной нагрузке, можно сделать следующие выводы. Резкое усиление выноса вещества в автономных ландшафтах при увеличении уклонов поверхностей (более 6° — 1 балл; 4—6° — 2 балла, 2—4° — 3 балла; 1—2° — 4 балла, менее 1° — 5 баллов) и наличии более мелких фракций в механическом составе почв (поверхностный смыв) (песчаные почвы — 1 балл, супесчаные почвы — 2 балла, суглинистые почвы — 3 балла, глинистые почвы — 4 балла, торфяные почвы — 5 баллов) является неоспоримым фактом. Растительный покров, увеличивая шероховатость подстилающей поверхности и турбулентность приземного слоя воздуха, предоставляет тем самым для осаждения частиц площадь, в несколько раз большую, чем площадь земной поверхности под ним (травянистый покров — 1 балл; широколиственные леса — 2 балла, мелколиственные леса — 3 балла; смешанные леса — 4 балла; хвойные леса — 5 баллов), а видовой состав растительности определяет количество осаждаемого материала (в хвойном лесу удаляется до 80 % пыли, содержащейся в воздухе, в широколиственном лесу деревья способны удалять в 2 раза меньше субмикронных частиц). Содержание гумуса находится в прямой зависимости от растительного покрова (до 1 % — 1 балл; 1—2 % — 2 балла. 2—4 % — 3 балла;

4—6 % — 4 балла; более 6 % — 5 баллов). Совокупность этих показателей определяет интенсивность поверхностного смыва и выноса в нижележащие горизонты. Естественная защищенность водоносного горизонта определяется: мощностью слабопроницаемых отложений, залегающих с поверхности и экранирующих поступление загрязненных атмосферных осадков; наличием или отсутствием «окон» в перекрывающих и подстилающих отложениях; мощностью разделяющих водоупоров; наличием или отсутствием гидравлической связи между водоносными горизонтами, тектоническими и неотектоническими условиями, с которыми связаны зоны разломов, трещиноватость пород; развитием карстовых процессов в верхней части разреза в области распространения пресных подземных вод. Наличие геохимических барьеров резко увеличивает интенсивность аккумуляции токсикантов, и этому процессу должно быть уделено особое внимание при расчетах.

Метод суммирования баллов применяется преимущественно при оценочных расчетах, когда каждый объект оценивается по ряду признаков, а затем выводится общий балл для характеристики пригодности или опасности объекта для заданной цели. В таких случаях выбор проводят с учетом как частного, так и результирующего балла [6]. Интегральная оценка рассчитывается путем получения простой суммы баллов. Однако балльная оценка обладает рядом недостатков: простая сумма баллов неадекватно характеризует устойчивость системы, так как сумма для разных участков (например при оценке устойчивости ландшафтов) может быть одинаковой, а устойчивость — разной, что связано с неодинаковым влиянием факторов на устойчивость. Перемножение всех баллов может давать нулевой результат в том случае, если один из них равен нулю. В то время как конкретная ситуация свидетельствует о противоположном. При использовании весовых коэффициентов их величина, как правило, назначается авторами, что предопределяет субъективность оценки. Поэтому качественное исследование и оценку состояния окружающей среды необходимо проводить с учетом комплексного подхода к выбору методов исследования, изучения местных особенностей территории, оценки устойчивости и изменчивости природных и природно-техногенных систем.

Вся система показателей, определяющих устойчивость природных систем, может быть объединена в следующие основные группы [13]:

- факторы, определяющие интенсивность выноса и рассеяния продуктов техногенеза. к которым относятся: показатели рассеяния и выноса продуктов техногенеза из атмосферы; показатели скорости миграции и выноса продуктов техногенеза из почв и проточных водоемов (рельеф и формы продольных профилей склонов, микрорельеф, механические свойства почв и фунгов, величина поверхностного и грунтового стоков, скорость и направление течения поверхностных вод).

- факторы, определяющие интенсивность метаболизма продуктов техногенеза. к которым относятся показатели энергии разложения вещества: соотношение осадков и испаряемости; скорость разложения органического вещества; интенсивность фотохимических реакций.

- факторы, определяющие возможность и интенсивность закрепления в ландшафтах продуктов техногенеза или их метаболитов, к которым относятся показатели интенсивности закрепления продуктов техногенеза, например, щелочно-кислотные условия; окислительно-восстановительные условия, сорбционная емкость, количество гумуса; тип геохимических арен (открытые, замкнутые, контрастные, неконтрастные); геохимические барьеры; минералогический состав почв и грунтов; исходный запас элементов, участвующих в техногенных потоках; наличие мерзлоты; растительный покров.

- факторы, определяющие возможность и интенсивность нарушения геодинамического равновесия.

Факторы, влияющие на вышеуказанные процессы, разнообразны и их взаимодействие неоднозначно. Поэтому целесообразно использовать не простую сумму баллов при оценке того или иного процесса, а сумму, включающую также произведения взаимно усиливающих факторов (каждому из них присваивается балл по пятибалльной шкале оценки). Кроме того, необходимо введение поправочного коэффициента, учитывающего климатические условия территории, биологическую активность и скорость разложения вещества. Эти показатели имеют площадной характер распространения и одинаковы для обширных районов. При

разработке интегрального критерия оценки состояния объектов окружающей среды, подверженных техногенной нагрузке, предложено модифицированное уравнение балльной оценки вероятности накопления загрязняющих веществ в сопряженных средах исследуемых территорий. В основу уравнения заложена сумма произведений взаимно усиливающих факторов, объединенных в следующие группы:

- позиция в рельефе, уклоны поверхностей, механический состав почв;
- содержание гумуса, видовой состав растительности, степень покрытия территории древесной растительностью.
- грунты, глубина залегания грунтовых вод.
- геохимические барьеры;
- гидрохимические характеристики поверхностного стока.

Выводы

В итоге уравнение балльной оценки устойчивости природно-техногенных систем (к антропогенному воздействию) может быть выражено следующим образом.

$$O_n = K_k(O_1 + O_2 * O_3 + O_4 * O_5 * O_6 + O_7 + \dots + O_n).$$

где O_n — прогнозная оценка устойчивости природно-техногенной системы;

K_k — климатический коэффициент;

$O_1 \dots O_n$ — факторы, влияющие на протекание процесса;

$O_2 * O_3$ — произведение взаимно усиливающихся факторов.

При проведении процедуры комплексной геоэкологической оценки конкретной территории, подверженной воздействию техногенной нагрузки, необходимо использовать современные подходы и методы исследования объектов окружающей среды, наиболее апробированные в определенных условиях, в целях получения достоверной информации об изучаемом объекте. Комплекс методов оценки качества объектов окружающей среды, охарактеризованный выше, а также отдельно взятый метод геоэкологической оценки (например, математический, геохимический) могут использоваться при разработке следующих направлений природоохранной деятельности: составлении прогноза накопления загрязнений; создании системы инженерной защиты, предотвращающей интенсивность развития негативных процессов загрязнения природной среды; проектировании сети постов мониторинга и отбора проб.

Список литературы:

1. Андреев, В.Л. Классификационные построения о экологии и систематике / В.Л. Андреев. – М.: Наука, 1980. - 141 с.
2. Белорецкий, М.Ю. Районирование России по степени экологической напряженности / М.Ю. Белорецкий, Т.М. Белякова, К.М. Беркович и др. // Вестник МГУ. Сер. 5. География. - 1993. - С. 22-31.
3. Витченко, А.Н. Структура географической среды и ландшафтное разнообразие Беларуси: монография / А.Н. Витченко; под науч. ред. И. И. Пирожника, Г.И. Марцинкевич. – Минск: БГУ, 2006. – 194 с.
4. Глазовская, М.А. Основные понятия геохимии ландшафтов, существенные для фонового мониторинга природной среды / М.А. Глазовская, И.С. Касимов, А.И. Перельман. - М.: Наука, 1989. – 235 с.
5. Давыденко, А.Ю. Применение метода главных компонент для изучения закономерностей распределения загрязняющих веществ в водных системах / А.Ю. Давыденко, Е.А. Руш // Вестник ИРГТУ. - № 2(18). - 2004. - С. 58-64.
6. Касимов, Н.С. Экогеохимия городских ландшафтов / Н.С. Касимов. – М.: МГУ. – 1989. - 334 с.
7. Киселев, В.Н. Хвойные леса Белоруссии в современных климатических условиях (дендроклиматический анализ) /В.Н. Киселев, Е.В. Матюшевская, А.Е. Яротов, П.А. Митрахович. - Минск: Право и экономика, 2010. — 202 с.
8. Коваль, П.В. Исследование воздействия источника сосредоточенного ртутного загрязнения на компоненты природной среды Приангарья / П.В. Коваль, Е.А. Руш, Ю. Н.

Удодов, Г.П. Королева, Л.Д. Андрулайгис, Р.Х. Зарипов // Инженерная экология - № 6. - 2004. - С. 18-45.

9. Кухарчик, Т. И. Геоэкологическая оценка и управление техногенными потоками стойких органических загрязнителей на территории Беларуси: дис. канд. геогр. наук / Т. И. Кухарчик. – Минск, 2007. – 285 с.

10. Лопух, П.С. Гидроэкологический анализ трансграничных бассейнов как методическая основа оптимизации системы мониторинга водных ресурсов сопредельных государств (на примере р. Зап. Буг): материалы Междунар. водного форума «Современное состояние, проблемы и перспективы использования трансграничных водных объектов». 1-2 марта 2006 г. Мн., 2006. – С. 60 – 61.

11. Методика разработки поисковых прогнозов изменения геологической среды / Под ред. В.А. Мещанского — М.: Изд-во МГУ. - 1988. - 327 с.

12. Перельман, А.И. Геохимия / А.И. Перельман. – М.: Высшая школа. - 1989.- 528 с.

13. Руш, Е. А. Эколого-геохимическая оценка состояния водной среды реки Ангары в зоне интенсивного промышленного освоения / Е.А. Руш // Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменения окружающей среды: сб. докл. междунар. школы. Новороссийск. Изд-во НИИ Геохимии биосферы. - 2003. - С. 41-48.

14. Саег, Ю.А., Геохимия окружающей среды / Ю.А. Саег, Б.А. Ревич, Е.П. Янин – М.: Недра, 1990. – 336 с.

15. Ясовеев, М.Г. Геоэкологические исследования природных комплексов и геосистем: учеб.-метод. пособие / М.Г. Ясовеев и др.; под ред. М.Г. Ясовеева. – Минск: БГПУ, 2008. - 247 с.

Jasoveev M. G, Andrukovich H.I.

ASSESSMENT OF THE MAIN APPROACHES AND METHODS OF GEOECOLOGICAL RESEARCH OF NATURAL AND TECHNOGENIC SYSTEMS

The estimation of the basic approaches and methods of geoecological research of natural-technogenic systems is given. The basic criteria of a geoecological estimation of natural-technogenic systems are established. The method of a mark estimation of a condition of objects of environment through assignments of a mark estimation is offered pollution levels with reference to landscape components: to a relief, soils, to a vegetative cover, subsoil waters, geochemical barriers, superficial water objects. The grouping of systems of the indicators defining stability of natural systems is spent. The modified equation of a mark estimation of probability of accumulation of polluting substances in the interfaced environments of investigated territories is offered, by working out of integrated criterion of an estimation of a condition of objects of the environment subject to technogenic loading.

Сведения об авторах:

1. Марат Гумерович Ясовеев профессор, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой экономической географии и охраны природы БГПУ; направление исследований – «Прикладная геоэкология»; общее количество работ 350 (из них 19 монографий, 108 статей, 12 учебников). Адрес: г. Минск, ул. Советская, 18 индекс 220050, тел. раб. 8 017 2009198;
2. Анна Ивановна Андрухович магистр географических наук, аспирант кафедры экономической географии и охраны природы БГПУ, направление исследований – «Геоэкологическая оценка трансформации природно-территориальных комплексов под воздействием техногенеза», общее количество работ – 10 (из них 10 статей). Адрес: г. Минск, ул. Чюрлёниса, 3/ 319; индекс 220116. Тел. мобильный: +37529 1610444; +375292701680. e-mail: annaand@tut.by

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ