

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 504; 502.64

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО КОМПОНЕНТА ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДА

© 2021 г. Т. Б. Минакова¹, В. Г. Заиканов^{1,*}, Е. В. Булдакова¹

¹ Институт геоэкологии им Е.М. Сергеева РАН (ИГЭ РАН),
Уланский пер., д. 13, стр. 2, Москва, 101000 Россия

*E-mail: v.zaikanov@mail.ru

Поступила в редакцию 11.09.2021 г.

После доработки 17.09.2021 г.

Принята к публикации 25.09.2021 г.

Геоэкологическая безопасность города напрямую зависит от свойств геологической среды. Одним из индикаторов ее состояния являются природно-техногенные образования, почвы-урботехнозоны. В статье предлагается подход к оценке ущерба от накопленного загрязнения почв. Наземные загрязнения связаны с эмиссией и выпадением загрязняющих веществ, с размещением промышленных и бытовых отходов, проявлением аварийных ситуаций на опасных предприятиях и др. Расчеты подтвердили преобладание в городе техногенного ущерба над ущербом от опасных природных процессов, а сумма этих ущербов отражает степень геоэкологической опасности/безопасности города.

Ключевые слова: техногенные факторы, опасные производственные объекты, геоэкологическая опасность, геохимическое загрязнение почв, ущерб от загрязнения почв

DOI: 10.31857/S0869780921060060

ВВЕДЕНИЕ

Экологическая безопасность — важнейший фактор для обеспечения комфортных и стабильных условий жизнедеятельности городов. Однако просчеты в градостроительстве, недостаточное внимание к проблеме нарастающего техногенного прессинга на городские территории приводят к ухудшению экологической обстановки. Существенный негативный вклад в это вносит недоучет геоэкологических факторов при планировании и проектировании городских пространств. Таким образом, актуальность комплексной оценки геоэкологической опасности/безопасности городов обуславливается необходимостью сохранения и мониторинга экологической безопасности, потребностью проектирования строительства объектов экономики и планирования городских пространств, обоснования эффективности принимаемых управленческих решений.

Геоэкологическая составляющая в общей экологической оценке безопасности территории города включает наличие природных, техногенных и формирующихся при их взаимодействии природно-техногенных опасностей [2]. Изучение геоэкологических особенностей в городах столкнулось со сложностью оценки опасности отдельных процессов и, тем более, их сочетаний в связи с непростым их взаимодействием, а также суще-

ствованием прямых и обратных связей, цепных реакций, совмещением нескольких опасных геоэкологических факторов на ограниченной площади. Оценка геоэкологической безопасности города в части проявления природных опасностей нашла отражение в статье [7]. Задачей же настоящего исследования являлась разработка подхода к оценке техногенной составляющей в обеспечении геоэкологической безопасности при соблюдении единых принципов:

— общий критерий оценки учитываемых природных и техногенных факторов (обеспечение геоэкологической безопасности путем достижения минимизации возможного ущерба от проявления негативных природных процессов и воздействия опасных производственных объектов);

— учет временного фактора, так как причины и последствия проявления негативных воздействий могут быть длительными (накопленный ущерб) или внезапными (аварии), поэтому расчеты ущербов различного генезиса на одной территории, отличающейся в свою очередь огромной дифференциацией природных и социально-экономических условий, возможны при условии приведения показателей ущерба к определенному моменту времени;

— привлечение к оценке ущербов стоимостных показателей, обеспечивающих более высокую

точность и сопоставимость производимых расчетов (в отличие от балльных экспертных оценок);

– достоверность и открытость используемой для оценки исходной информации (к сожалению, ее недостаточность обуславливает необходимость довольно частого привлечения нормативных значений).

Доминирующий параметр величины ущерба на конкретный временной срез определяет максимальный уровень геоэкологической опасности территории, что соответствует минимальному уровню безопасности. Принимая за критерий количественной оценки геоэкологической безопасности городской территории минимальный ущерб от опасных геоэкологических процессов [7], в расчетах учитывается вероятность проявления опасных событий и возможные их последствия.

Общеизвестно, что количественные оценки более точные, они необходимы при выборе эффективных вариантов обеспечения геоэкологической безопасности, для инвестирования природоохранных мероприятий на городских территориях и т.д. До последнего времени вызывала сомнение сама возможность количественной оценки реального уровня геоэкологической безопасности городов. На практике эту величину следует находить на основе статистических данных. Однако в процессе подобной оценки сталкиваемся с отсутствием единой базы необходимых характеристик и недоступностью статистических показателей по городам. К сожалению, существующие Реестры опасных производственных объектов (ОПО) Ростехнадзора и объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду (объекты НВОС) Росприроднадзора, созданные с целью учета и присвоения класса опасности регистрируемым объектам и содержащие данные о них, не размещаются в открытом доступе. Кроме того, оценка ущерба осложняется из-за невозможности во многих случаях прогноза проявления опасности, а также из-за вероятного возникновения непредсказуемой цепочки связей и одновременного участия нескольких видов воздействий и реципиентов.

Уровень геоэкологической безопасности формируется исходя из развития города, его промышленной специализации и земельного баланса. Среди многочисленных видов природных и техногенных факторов, определяющих геоэкологическую безопасность городов, необходимо выбрать самые опасные и наиболее распространенные. Анализ материалов по геоэкологическому состоянию городских пространств показал, что во всех городах площадное распространение имеет геохимическое загрязнение почв, грунтов и вод [3, 4]. Загрязняющие вещества попадают с выбросами предприятий и транспорта, сбросами неочищенных стоков, с промышленными, строи-

тельными и бытовыми отходами. В последние десятилетия происходит изменение в структуре загрязнителей. На первое место вышли выбросы автотранспорта, которые в некоторых городах достигают до 60–80% суммарного атмосферного загрязнения.

Цель настоящих исследований – обоснование оценки ущерба от загрязнения почв как одного из природно-техногенных компонентов геологической среды города.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВ ЧЕРЕЗ ПОКАЗАТЕЛЬ УЩЕРБА, ПРИЧИНЯЕМОГО РАЗЛИЧНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ

Выпадение пыли в городах – один из основных факторов миграции химических элементов из атмосферы в почвенный покров города, представленный в основном различными видами урботехноземов. Они являются основной депонирующей средой города, определяющей уровень загрязнения городской среды.

В структуре почвенного покрова города с незапечатанной поверхностью подавляющая часть площадей приурочена к природным и озелененным территориям, где почвы выступают в качестве среды обитания (субстрата) для зеленых насаждений и функционируют под интенсивным техногенным воздействием. При этом в городских почвах развиваются негативные процессы, ухудшающие их качество и снижающие их возможность к выполнению экологических функций. Основными негативными проявлениями техногенного воздействия на городские почвы являются: разрушение и нарушение почвенного профиля, водно-воздушного, теплового режимов, химическое загрязнение, а также потеря их способности к самоочищению, снижение биопродуктивности и сокращение биоразнообразия.

Почвы – наиболее пролонгированный вторичный источник загрязнения сопредельных природных сред: атмосферного воздуха (в результате распыления почв на незадернованных участках, отвалах, хвостохранилищах и т.п.), поверхностных и подземных вод, растительности (в результате вовлечения токсикантов в круговорот веществ), что в итоге ухудшает экологическое качество окружающей среды города [8].

В отличие от остальных депонирующих сред, почва является наиболее устойчивой средой, отражающей современную и историческую геохимическую ситуацию – так называемые “почва-память” и “почва-момент” [9]. Фактически показатель уровня загрязнения почв не только определяет качество почв, но и служит индикатором накопленного вреда и опасности для человека. По этому показателю в конкретный момент времени

Таблица 1. Исходные данные для оценки ущерба от загрязнения почв на примере некоторых городов

Показатели	Бийск	Комсомольск-на-Амуре	Красноярск	Череповец
Площадь города, га	29 183	32 500	35 390	13 089
в т.ч. площадь производственных и коммунально-складских зон, га	3700.0	2480.4	6363.5	6542.3
Доля площадей открытых почв в городе	0.243	0.426	0.376	0.027
Количество учтенных объектов, шт.	40	31	36	25
в т.ч. I категории	9	4	8	6
в т.ч. II категории	28	22	20	19
Площадь учтенных объектов, га	3058.2	1742.8	4136.1	5305.5
Доля площади учтенных объектов от площади производственных и коммунально-складских зон города, %	82.7	70.3	65.0	81.1

можно судить о степени опасности или безопасности городской среды.

Особенность загрязнения городских почв токсикантами, нефтью, нефтепродуктами и др. в результате производственной деятельности заключается в длительности процесса и косвенном характере воздействия. Несмотря на невысокую среднюю долю открытых почв в городе, неравномерность их распространения в пределах городских границ (практически от минимальной в центре города и до более 80% на периферии), значения накопленного ущерба существенны и в расчетном суммарном ущербе от техногенного воздействия могут достигать более 80%, особенно в городах с химической промышленностью.

Наземные загрязнения связаны с необходимостью размещения больших объемов промышленных отходов, содержащих опасные химические элементы. Такие объекты занимают значительные площади, загрязняя почвы, грунты и подземные воды на прилегающей территории и оказывают статическое давление на геологическую среду. Их относят к числу объектов НВОС. Кроме того, многие предприятия представляют собой ОПО из-за возможного возникновения в ходе их деятельности или в результате неожиданного внешнего природного и техногенного воздействия — аварийной ситуации, последствия которой отражаются в негативных изменениях окружающей среды. Например, после пожара и взрыва образуются техногенные отходы, может произойти деформация земной поверхности, разлив нефтепродуктов, захламенение территории и т.п.

Дифференциация исходных и расчетных данных, необходимых для последующей оценки ущербов, отражена на примере нескольких городов в табл. 1.

Природные и социально-экономические условия городов существенно различаются. При сравнительно близкой их общей площади (кроме

Череповца) размеры производственных и коммунально-складских зон существенно разнятся: от 18% (Красноярск) до 7.6% (Комсомольск-на-Амуре) от территории города, а в г. Череповец почти 50%. Площадь же учитываемых объектов негативного воздействия, среди которых преобладают объекты II категории, превышает 60% от площади производственных и коммунально-складских зон, что свидетельствует о достаточной представительности выборки объектов в каждом городе.

Рассмотрим один из возможных подходов к оценке ущерба от техногенного воздействия различных стационарных источников на почвы с учетом: 1) накопленного ранее (загрязнение почв), 2) существующего и требующего рекультивации (складирование и хранение промышленных отходов), и 3) потенциального (аварийного). В таком случае в общем виде ущерб от воздействия учитываемых техногенных факторов (B_y^T) определяется суммой:

$$B_y^T = B_y^{3п} / a^{3п} + B_y^{от} \cdot a^{от} + B_y^{ав},$$

где $B_y^{3п}$ — накопленный ущерб от геохимического загрязнения почв; $B_y^{от}$ — существующий ущерб от складирования и хранения промышленных отходов; $B_y^{ав}$ — потенциальный ущерб от возможного проявления аварии, $a^{3п}$ и $a^{от}$ — коэффициенты дисконтирования показателя, соответственно при загрязнении почв и складировании отходов. Ущерб от аварий рассчитывается в год осуществления оценки.

Разновременность проявления учитываемых видов техногенного воздействия указывает на необходимость учета фактора времени путем дисконтирования получаемых значений ущербов — приведения их к единой годовой размерности. В рассматриваемом случае приведение необходимо как от более раннего момента времени (загрязне-

ние почв происходило много лет с начала функционирования источников загрязнения), так и до более позднего (например, рекультивация возможна только через 3–5 лет). В качестве момента приведения выбирается базовый момент, когда осуществляется оценка. Основной используемый при дисконтировании экономической норматив – норма дисконта (E), выражаемая в долях единицы или процентах в год. Расчет осуществляется при условии постоянства нормы дисконта, т.е. E неизменна в течение периода расчета, по формуле:

$$a = 1/(1 + E)^{t_n},$$

где a – коэффициент дисконтирования, t_n – разница между годом осуществления оценки и годом начала (год образования предприятия) или окончания негативного воздействия (плановый срок завершения рекультивации).

С экономической точки зрения, норма дисконта – это норма прибыли. Применительно к решаемой задаче это ожидаемая эффективность проведения природоохранных мероприятий, затратам на реализацию которых соответствуют величины определяемого ущерба. Учитывая, что основными источниками загрязнения почв в городах являются промышленные предприятия различных направлений, считаем допустимым привлечение отраслевых значений коэффициентов эффективности капитальных вложений, соответствующих каждому предприятию^{1,2,3}. В результате расчет коэффициента дисконтирования для каждого предприятия (группы предприятий) будет индивидуальным.

При оценке ущерба необходимо учитывать воздействие конкретных источников еще и потому, что для каждого города будут характерны специфические их сочетания и последствия. Ущерб от загрязнения почв формируется многие годы. Он сохраняется и после ликвидации (перепрофилирования) предприятия, тогда требуется санация почв или рекультивация территории. В зависимости от мощности предприятия и особенностей технологического процесса производства (включая привлечение современных природо-

охранных технологий), а также от его местоположения и климатических особенностей города, площадь распространения загрязняющих веществ будет неодинаковой. Кроме того, для различных видов экономической деятельности характерен своеобразный набор загрязняющих веществ с разной степенью опасности.

Опираясь на Методику оценки ущерба от загрязнения компонентов природы (в том числе почвы) разных лет (1987–2018 гг.), разработан подход к оценке ущерба от загрязнения почв объектами НВОС и ОПО в городах.

Формально загрязняющие вещества с самой промплощадки смываются поверхностным стоком, а площадь, попадающая непосредственно в зону выпадения загрязняющих веществ, законодательно ограничивается шириной санитарно-защитной зоны (СЗЗ), однако практически может выходить и за ее пределы, что подтверждается мониторинговыми наблюдениями за загрязнением тяжелыми металлами в городах [1]. В соответствии с критериями, утвержденными Постановлением Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. № 2398 “Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий”⁴, считаем целесообразным при оценке геоэкологической безопасности городов учитывать объекты НВОС и ОПО, относимые к I и II категориям. Тогда ущерб от геохимического загрязнения почв в городе ($B_y^{3пг}$) определяется на момент (год) расчета как сумма:

$$B_y^{3пг} = \sum_{i=1}^n (B_{yil}^{3п} + B_{yil1}^{3п}),$$

где $B_{yil}^{3п}$ и $B_{yil1}^{3п}$ – ущерб от загрязнения почв токсикантами (тяжелыми металлами), соответственно, объектами I и II категории.

При расчете ущерба от каждого предприятия кроме категории его опасности учитывается состав преобладающих токсикантов и глубина их проникновения в почву, отраслевая принадлежность, и рассчитывается условная площадь загрязненных им почв.

$$B_{yil}^{3п} = S_{il}^{3п} \cdot k_j \cdot k_g \cdot k_q \cdot k_p \cdot C_{il},$$

$$B_{yil1}^{3п} = S_{il1}^{3п} \cdot k_j \cdot k_g \cdot k_q \cdot k_p \cdot C_{il1},$$

где i – индекс объекта НВОС; $S_{il}^{3п}$ и $S_{il1}^{3п}$ – площади загрязненных почв i -м объектом соответственно I или II категории; k_j – коэффициент степени химического загрязнения почв; k_g – коэффициент учета глубины загрязнения почвы; k_q – коэффи-

¹ Методика определения экономической эффективности затрат в мероприятия по охране окружающей среды. Утв. Госпланом СССР 15 января 1980 // Сборник утвержденных методик. М.: Экономика, 1983. С. 125.

² Методика определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений, рациональных предложений, утвержденной постановлением КГНТ, Госпланом СССР, Госизобретений СССР от 14 февраля 1977 года № 481/16/13/3.

³ Нормативные коэффициенты эффективности капитальных вложений (Ен). Приказ Минстроя РФ от 14.09.1992 N 209 “Об утверждении Методики по определению уровня арендной платы за нежилые здания (помещения). URL: <https://docs.cntd.ru/document/9034800>.

⁴ <http://government.ru/docs/all/132200/>

циент учета категории земель и вида разрешенного использования земельного участка; k_p — коэффициент открытости почв в городе; C_{iI} и C_{iII} — затраты на вывоз (замену) загрязненной почвы i -м объектом, соответственно, I или II категории с 1 га.

Расчет условной площади загрязнения почв i -м объектом осуществляется исходя из размеров промплощадки, объемов производства, ширины фактической или нормативной СЗЗ, а также радиуса возможного распространения загрязнения за ее пределами (до десятков километров по данным мониторинга). Коэффициент степени химического загрязнения почв рассчитывается как средняя величина по рассматриваемым городам на основе данных наблюдательной сети Росгидромета и организаций, проводящих многолетние наблюдения за загрязнением почв токсикантами промышленного происхождения (ТПП), нефтепродуктами и др., отражаемых в Ежегодниках (2006—2020 гг.) [1]. Конечно, отдельные участки почв в городе могут иметь более высокий класс загрязнения, чем среднее значение по городу. При расчете этого коэффициента учитывалось фактическое накопление в почвах элементов 1 класса опасности: Pb, Zn, Cd, Hg, As; 2 класса опасности: Ni, Cu, Co, Cr, а также характерное для городов загрязнение территории бензапиреном и нефтепродуктами, и радиусы распространения загрязненных почв за пределами СЗЗ. Соотношения фактических значений содержания ТПП в почвах с фоновыми районами существенно различаются в рассматриваемых городах. Поэтому в соответствии с рекомендациями Методики [6], принято, что значение k_j изменяется от 1 до 6.

Коэффициент учета глубины загрязнения почвы определялся авторами в зависимости от расположения оцениваемых городов в различных физико-географических зонах и получил значения от 1.3 до 2. Поскольку оценка проводится по городам, коэффициенту учета категории земель и вида разрешенного использования земельного участка присваивается одно значение $k_q = 1.3$ [6]. Для рассматриваемых городов характерен достаточно высокий показатель запечатанности почв, поэтому в формулу расчетов предлагается ввести коэффициент открытости почв (k_p), который изменяется от сотых до десятых долей от площади города.

Размер ущерба зависит не только от площади загрязненных почв и степени опасности загрязняющих веществ, но в значительной степени от принятой в расчетах стоимости улучшения состояния почв. Хотя предлагаемые в Методике [6] таксы дифференцируются по лесорастительным зонам, но, к сожалению, в последней ее редакции они слишком укрупнены и недостаточно обоснованы.

В ФЗ № 7⁵ рекомендуется “определение размера вреда окружающей среде (в рассматриваемом случае от химического загрязнения почв, захламления территории при размещении отходов и авариях на предприятиях) ...осуществлять исходя из фактических затрат на их восстановление ...в соответствии с проектами рекультивационных и иных восстановительных работ...”. Международная практика в этом вопросе также ориентирована на определение затрат по восстановлению природных объектов [5]. Поэтому оценивать ущерб целесообразнее, исходя из затрат на восстановление дорогих городских земель, рекультивируя площади размещения промышленных и бытовых отходов, освобождая территории от захламления после аварийных пожаров и взрывов. Однако учитывая, что оценка загрязненных почв за многие годы является по своей сути накопленным ущербом, но при этом трудно установить “загрязнителя”, которому следует предъявить штраф, то в данном случае таксовый подход можно считать допустимым.

Анализ стоимостных показателей вывоза (замены) загрязненной почвы с 1 га, расчетов ущербов от загрязнения почв в разные годы (с учетом приведения их к единой размерности) позволил установить эти величины применительно к аналогичным объектам в отраслях при одинаковой категории опасности.

Для объектов складирования промышленных отходов и ТКО, хвостохранилищ, шламохранилищ, золоотвалов, рассматриваемых, как источники причинения вреда одновременно всем компонентам природы, расчет ущерба (B_{yr}^{OT}) производится аналогичным вышеизложенному путем применительно к каждому из них:

$$B_{yr}^{OT} = \sum_i^n (S_r^{OT} \cdot C_r^{OT}),$$

где r — индекс объекта складирования отходов; S_r^{OT} — площадь, занимаемая отходами r -го вида; C_r^{OT} — стоимость ущерба от размещения отходов r -го вида (величина ущерба не может быть ниже величины затрат на их рекультивацию).

Основным показателем безопасности ОПО является их аварийность, существенно зависящая от основной деятельности предприятия, возраста и состояния используемого оборудования, соблюдения техники безопасности и других факторов. Ущерб от аварийности производственных объектов — вероятностная величина. Поэтому при его расчете обязательно учитывается частота

⁵ Федеральный закон “Об охране окружающей среды” от 10.01.2002 N 7-ФЗ (последняя редакция). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/

Таблица 2. Структура ущербов от загрязнения почв различными источниками на примере некоторых городов

Показатели	Бийск	Комсомольск-на-Амуре	Красноярск	Череповец
Накопленный ущерб от загрязнения почв учтенными объектами, млн руб./его доля в структуре общего ущерба, %:	2618.6/86.7	2370.2/74.9	5534.8/84.8	914.6/25.1
в т.ч. I категории, млн руб.	1925.1	1971.3	4346.0	871.5
в т.ч. II категории, млн руб.	693.5	398.9	1188.8	43.1
Количество учтенных опасных наземных источников загрязнения почв, шт.	6	4	5	4
Ущерб от их негативного воздействия, млн руб./его доля в структуре общего ущерба, %	129.1/4.3	559.9/17.7	527.6/8.1	2592.2/71.0
Количество учтенных ОПО, шт.	42	71	53	61
Ущерб от их вероятной аварийности воздействия, млн руб./его доля в структуре общего ущерба, %	272.3/9.0	235.5/7.4	463.2/7.1	142.9/3.9
Общий ущерб от загрязнения почв всеми учтенными источниками, млн руб.	3019.9	3165.6	6525.3	3649.7
Удельный ущерб, тыс. руб./га	104	97	184	279

повторяемости аварийной ситуации, ее вид и сценарии последствий:

$$B_{yiz}^{ab} = \sum_{iz}^n M_{iz} \cdot P_{iz} \cdot C_{iz},$$

где i – индекс объекта ОПО; z – вид возможной аварии (пожары, взрывы, разлитие нефтепродуктов и др.); M_{iz} – число i -х объектов с возможным проявлением аварии z -го вида; P_{iz} – вероятность проявления на i -м объекте аварии z -го вида; C_{iz} – размер возможного ущерба при проявлении на i -м объекте аварии z -го вида.

Результаты оценки ущерба от загрязнения почв и захламления городских территорий отражены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что в городах преобладает накопленный ущерб от загрязнения почв в результате продолжительного выпадения загрязняющих веществ из атмосферы. Максимальная значимость негативного воздействия наземных объектов связана с крупноплощадными и опасными хвостохранилищами в г. Череповец. Доля ущерба от вероятной аварийности ОПО в общем ущербе города больше в Бийске, где среди учтенных преобладали “возрастные” объекты. Сравнение значений удельных годовых ущербов от техногенного воздействия над природным [7] показало превышение первых над вторым от 2 до 8 раз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках оценки геоэкологической безопасности урбанизированных территорий предложена методика расчета ущерба от загрязнения почв, одного из показателей техногенной опасности/безопасности городской среды.

В рамках разработки подхода к оценке роли воздействия техногенных факторов в геоэкологической безопасности урбанизированных территорий применительно к загрязнению городских почв можно сделать следующие выводы:

- представительной является выборка наиболее опасных и крупных предприятий, площадь промплощадок которых превышает 50% от площадей производственных и коммунально-складских городских территорий;

- расчет разновременных ущербов должен осуществляться на определенный момент с учетом дисконтирования показателей;

- ориентировочное соотношение рассмотренных видов ущербов от техногенного загрязнения почв складывается следующим образом:

$$B_y^{зп}:B_y^{от}:B_y^{ab} = 82:10:8.$$

Расчетами подтверждено преобладание значений показателей техногенного ущерба над ущербом от опасных природных процессов полученного ранее. Сумма этих двух показателей является основой для дальнейшей интегральной оценки геоэкологической безопасности урбанизированных территорий, а структура ее показателей позволит принимать эффективное решение по улучшению геоэкологической ситуации.

Учет значений ущерба от геоэкологических факторов в общей оценке экологической обстановки позволит перейти к разработке единого показателя, учитывающего экологические и геоэкологические параметры окружающей природной среды города.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ежегодник. Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения в 2020 году. Обнинск: ФГБУ “НПО “Тайфун”, 2021. 128 с. URL: https://www.rpatyphoon.ru/upload/medialibrary/554/TPP_2020.pdf
2. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В. Природно-техногенные геоэкологические опасности в городе: формирование, динамика, воздействие // Геоэкология. 2021. № 5. С. 42–56.
3. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В., Савишко И.С. Индексы и индикаторы геоэкологической безопасности урбанизированных территорий // Геоэкология. 2019. № 4. С. 94–101.
4. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Геоэкологическая оценка территорий. М.: Наука, 2005. 319 с.
5. Медведева О.Е. О методике стоимостной оценки вреда окружающей среде в связи с деградацией и загрязнением почв // Экологическое нормирование и управление качеством почв и земель / Под общ. ред. С.А. Шобы, А.С. Яковлева, Н.Г. Рыбальского. М.: НИА-Природа, 2013. С. 219–229.
6. Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды. Утв. приказом Минприроды России от 08.07.2010 № 238 (с поправками 2014 г., 2018 г.). URL: <https://docs.cntd.ru/document/902227668>
7. Минакова Т.Б., Заиканов В.Г., Булдакова Е.В. Геоэкологический след в городах России: подходы, оценки, результаты // Геоэкология. 2020. № 6. С. 83–94.
8. Решетина Т.В. Управление качеством городских почв в ходе их эксплуатации // Экологическое нормирование и управление качеством почв и земель / Под общ. ред. С.А. Шобы, А.С. Яковлева, Н.Г. Рыбальского. М.: НИА-Природа, 2013. С. 219–229.
9. Таргульян В.О., Соколов И.А. Структурный и функциональный подход к почве: почва-память и почва-момент // Сб. Математическое моделирование в экологии. М.: Наука, 1978. С. 17–33.

THE APPROACH TO ASSESSING POLLUTION OF SOIL COMPONENT IN NATURAL-ANTHROPOGENIC SYSTEMS FOR URBAN GEOENVIRONMENTAL SAFETY

T. B. Minakova^a, V. G. Zaikanov^{a, #}, and E. V. Buldakova^a

^a *Sergeev Institute of Environmental Geoscience, Russian Academy of Sciences, Ulansky per. 13, str. 2, Moscow, 101000 Russia*

[#] *E-mail: v.zaikanov@mail.ru*

The urban geoenvironmental safety depends directly on the properties of geological environment. Natural-anthropogenic urban soils called technozems are one of the indicators of its state. The article suggests an approach to assessing the damage from accumulated soil pollution. Ground pollution is associated with the emission and precipitation of pollutants, with the disposal of industrial and municipal waste, emergency situations at hazardous enterprises, etc. The calculations have confirmed the predominance of human-induced damage over that arisen from hazardous natural processes in the city, with the sum of these damages indicating the degree of geoenvironmental hazard/safety of the city.

Keywords: *technogenous factors, hazardous industrial enterprises, geoenvironmental hazard, geochemical soil pollution, soil pollution damage*

REFERENCES

1. *Ezhegodnik. Zagryaznenie pochv Rossiiskoi Federatsii toksikantami promyshlennogo proiskhozhdeniya v 2020 godu* [Yearbook. Contamination of soils in the Russian Federation with toxicants of industrial origin in 2020]. Obninsk, NPO Taifun Publ., 2021, 128 p. URL: https://www.rpatyphoon.ru/upload/medialibrary/554/TPP_2020.pdf. (in Russian)
2. Zaikanov, V.G., Minakova, T.B. *Geoekologicheskaya otsenka territorii* [Geoecological assessment of territories]. Moscow, Nauka, 2005, 319 p. (in Russian)
3. Zaikanov, V.G., Minakova, T.B., Buldakova, E.V. *Prirодно-tekhnogennye geoekologicheskie opasnosti v gorode: formirovaniye, dinamika, vozdeistvie* [Natural-technogenic geoenvironmental hazards in the city: formation, dynamics, and impact]. *Geoekologiya*, 2021, no. 5, pp. 42–56. (in Russian)
4. Zaikanov, V.G., Minakova, T.B., Buldakova, E.V., Saviško, I.S. *Indeksy i indikatoryy geoekologicheskoi bezopasnosti urbanizirovannykh territorii* [Indices and indicators of geoenvironmental safety for urban areas]. *Geoekologiya*, 2019, no. 4, pp. 94–101. (in Russian)
5. Medvedeva, O.E. *O metodike stoimostnoi otsenki vreda okruzhayushchei srede v svyazi s degradatsiei i zagryazneniem pochv* [The methodology of environmental damage cost assessment due to soil degradation and pollution]. S.A. Shoba, A.S. Yakovlev, N.G. Rybal'skii, Eds., Moscow, NIA-Priroda Publ., 2013. pp. 258–266. (in Russian)
6. Minakova, T.B., Zaikanov, V.G., Buldakova, E.V. *Geoekologicheskii sled v gorodakh Rossii: podkhody, otsenki, rezul'taty* [Geoecological footprint in Russian cities: approaches, evaluations, results]. (in Russian)

- approaches, estimates, and results]. *Geoekologiya*, 2020, no. 6, pp. 83–94. (in Russian)
7. *Metodika ischisleniya razmera vreda, prichinennogo pochvam kak ob'ektu okhrany okruzhayushchei sredy* [Methodology for calculating damage to soils as an object of environmental protection]. Approved by the order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation, no. 238 dated 08.07.2010 (revised in 2014, 2018). URL: <https://docs.cntd.ru/document/902227668>. (in Russian)
 8. Reshetina, T.V. *Upravlenie kachestvom gorodskikh pochv v khode ikh ekspluatatsii* [Quality management of urban soils during their operation]. *Ekologicheskoe normirovanie i upravlenie kachestvom pochv i zemel'* [Environmental regulation and management of soil and land quality]. S.A. Shoba, A.S. Yakovlev, N.G. Rybalskii, Eds. Moscow, NIA-Priroda Publ., 2013, pp. 219–229. (in Russian)
 9. Targulyan, V.O., Sokolov, I.A. *Strukturnyi i funktsional'nyi podkhod k pochve: pochva-pamyat' i pochva-moment* [Structural and functional approach to soil: soil-memory and soil-moment]. Collection of articles in mathematical modeling in ecology. Moscow, Nauka Publ., 1978. pp. 17–33. (in Russian)