УДК 330.15 http://doi.org/10.21440/2307-2091-2024-4-129-137

Экологические ограничения как инструмент механизма экологической безопасности природопользования

Борис Валерьевич ФРАНЦУЗОВ[1]
Наталия Георгиевна ПУСТОХИНА[2*]
Александр Сергеевич СОКОЛОВ[2]
Владимир Евгеньевич СТРОВСКИЙ[2**]

[1]Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Москва, Россия
[2]Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия

Аннотация

Актуальность. Нарушение гармонизации между экономикой и экологией ухудшает экологическую ситуацию, приводит к появлению ряда необратимых последствий. Необходимость формирования неразрушительных отношений между природой и обществом требует перехода к экологически устойчивому развитию экономики. В полной мере это относится и к процессу освоения недр. Защита естественной биоты Земли от последствий техногенного изменения недр и защита человека составляют, по сути, содержание понятия экологической безопасности недропользования.

Цель исследования – обобщение и анализ методических подходов к установлению экологических ограничений на разных территориальных уровнях и их роль в обеспечении экологической безопасности природопользования.

Методы исследования – системный подход, логический анализ, методы сопоставления, аналогий.

Результаты. Важнейшей предпосылкой усиления значимости экологической безопасности является разрастание масштабов нарушенных территорий. Рассматриваются ответные реакции биоты на техногенное воздействие. Уточняются понятие экологической безопасности и основополагающие принципы, на которых она базируется. Детализируется система экологических ограничений, устанавливаемых на разных территориальных уровнях. Для условий национального уровня экологическими ограничениями выступают соотношения ненарушенных, частично нарушенных и нарушенных территорий. Базовым положением на региональном уровне служит биосферно-техногенный паритет. Определяется сущность понятия «экологическая емкость территории» и рассматриваются методические подходы к ее оценке. Особый интерес представляет методический подход, предусматривающий оценку продуктивности растительности по ее жизненному циклу. Для локального уровня территорий обеспечение экологической безопасности требует разработки экологических нормативов, направленных на защиту природной среды, ибо только в здоровой среде может существовать здоровое общество.

Выводы. Разработка системы экологических ограничений для всех территориальных уровней и их соблюдение, несомненно, обеспечивает экологически безопасное природопользование.

***Ключевые слова*:** экологическая безопасность, территориальные уровни, экологические ограничения, разработка, соблюдение.

Введение

Вся жизнь человека связана с природой, на которую он воздействует чаще всего отрицательно. Первоначальное воздействие на природные системы в силу незначительной интенсивности не оставляло последствий. Этому способствовало и наличие у природных систем таких свойств, как целостность и устойчивость. Проявлением целостности служит наличие у природных систем таких свойств, которые отсутствуют у отдельных компонентов. В свою очередь, устойчивость рассматривается как «способность оставаться относительно неизменной или меняться в пределах своего структурно-функционального варианта либо возвращаться к нему за период жизненного цикла или внешнего воздействия». Согласно М. Д. Гродзинскому [1], выделяют три вида устойчивости: *инертность* – сохранение исходного состояния в течение определенного времени, *восстановление* – возвращение природных систем в свое исходное состояние после внешних воздействий и *пластичность* – переход природных систем из одного устойчивого состояния в другое под влиянием внешних воздействий и сохранение при этом инвариантных свойств. Для природных систем характерно также наличие свойств самовосстановления, саморегуляции, что позволяет сохранять экологическое равновесие.

✉kao@m.ursmu.ru
**ief.etp@m.ursmu.ru
https://orcid.org/0000-0001-6898-4286

Таблица 1. Ориентировочные характерные аспекты экологических ситуаций
Table 1. Approximate characteristic aspects of environmental situations

Критерии экологической ситуации	Показатель загрязнения почв	Снижение продуктивности экосистем, %	Нарушение земли, % от общей площади	Степень нарушенности ландшафтов	Состояние здоровья населения
Удовлетворительная	Существенно < 16	< 1,0	< 2,0	Норма	Норма
Напряженная	Около 16,0	1,0–1,5	2–5	Изменение свойств компонентов	Отдельные признаки ухудшения здоровья
Критическая	16–32	1,5–3,5	5–20	Нарушение структуры вторичных компонентов	Ухудшение здоровья отдельных групп населения
Кризисная	32–128	3,5–7,5	20–50	Деградация ландшафтов	Повсеместное ухудшение здоровья населения
Катастрофическая	> 128	>7,5	> 50	Нарушение структуры и функций ландшафтов	Рост смертности и сокращение продолжительности жизни

Все многочисленные антропогенные воздействия могут быть объединены в три группы. Во-первых, изъятие природных ресурсов (с отрывом или без отрыва от природной среды), последствием которого является истощение последних:

– уменьшение площадей сельскохозяйственного назначения;

– сведение действенных лесных массивов;

– деградация пастбищ и т. д. [2, 3].

Не меньший урон природе наносит загрязнение (химическое, механическое, тепловое, биологическое и др.) [4], источником которого выступают транспорт, промышленность, ЖКХ. Меньшие масштабы имеют нарушения ландшафтов, а также литосферных массивов, что проявляется в формировании провалов, разломов, увеличении трещиноватости пород, появлении подземных пустот [5, 6]. Нарушенные природные системы получают название природно-антропогенных с разной степенью нарушенности: слабой, средней или сильной. Наиболее чувствительной к антропогенным воздействиям является биота. По мере нарастания техногенной нагрузки происходит ухудшение жизненного состояния древостоя, что проявляется в виде:

– уменьшения его плотности, полноты и запаса;

– увеличения доли сухостоя;

– снижения сомкнутости крон и интенсивности подроста.

Травостой, более чувствительный к загрязнению окружающей среды, начинает изменяться раньше древостоя. Его информативными показателями выступают: видовое разнообразие и структура [6]. Техногенные изменения охватывают и почвенный покров: снижается биологическая активность почвы, интенсивность процессов, которые осуществляются микроорганизмами, снижается плодородие почв. В перечень опасных последствий входят следующие [7]:

– ухудшение состояния воздуха и водообмена;

– уменьшение механической прочности;

– сокращение почвенных бактерий;

– сокращение количества гумуса;

– угнетение корневой системы растений и др.

В целом направленность изменения природных систем под влиянием техногенной нагрузки имеет вид: фоновое состояние → техногенная пустошь. При этом процесс движения сопровождается упрощением структуры биоценоза, снижением продуктивности и биологического разнообразия, замедлением круговорота биогенов. Установлено, что при нарастании концентрации тяжелых металлов в биоте происходит снижение хлорофилла и постепенно нарушаются все ее функции [8]. Проявление этого процесса находит выражение, во-первых, в сокращении видов эдификаторов, во-вторых, нарушении и других компонентов экосистем, в-третьих, переходе ведущей роли к другим видам. Считается, что плотность эдификаторов – наиболее представительный показатель нарушенности природных систем [6].

Экологическое состояние природных систем (ландшафтов, геосистем, экосистем) служит отражением экологической ситуации, которая сложилась на оцениваемой территории (табл. 1).

Природно-антропогенные системы характеризуются тесным взаимодействием природных и антропогенных составляющих. При этом ряд исследователей выступают против противопоставления естественных и антропогенных систем. Они рассматривают природно-антропогенные системы как природные системы антропогенно модифицированные [9]. Третьим типом выступают антропогенные системы (ландшафты), полностью измененные человеком. При прекращении целенаправленных воздействий человека подобные ландшафты не сохраняются. Их отличием от природных систем служат:

– меньшая устойчивость;

– большая скорость изменения ландшафтов;

– более низкая продуктивность биоты и др.

Чем выше уровень нарушенности природных систем, тем кризисней экологическая ситуация на территории и тем ниже уровень экологической безопасности.

Определения экологической безопасности многочисленны и в ряде случаев перефразируют определение национальной безопасности (1992 г.) В. И. Осипов подходит к ее определению с позиции «защищенности биосферы» [10]. А. С. Астахов, Е. Я. Диколенко и В. А. Харченко подразумевают под экологической безопасностью «устойчивое функционирование объекта, характеризующегося критическим отсутствием серьезной опасности, т. е. таких

ситуаций, при которых крайне мала угроза серьезных по своим последствиям нарушений природной среды и жизнедеятельности обитающего в ней человека» [11]. Не совсем удачным является определение экологической безопасности, приведенное в ФЗ «Об охране окружающей среды». К сожалению, ФЗ «Об экологической безопасности», в котором экологическая безопасность рассматривается как защита жизни и здоровья человека, промышленной безопасности и безопасности природной среды, так и не был принят, а определение экологической безопасности, приведенное в Стратегии экологической безопасности РФ на период до 2025 года, некорректно и не соответствует международному понятию. Таким образом, определение экологической безопасности, соответствующее международной терминологии, законодательно не утверждено. Обеспечение экологической безопасности является следствием осознания опасности последствий развития на основе идеи безграничного удовлетворения все возрастающих потребностей. Ключевым вопросом становится достижение гармонизации развития экономики и экологии. Формирование неразрушительных отношений между природой и обществом означает экологически устойчивое, экологически безопасное развитие экономики, в том числе освоение недр.

Результаты

Природные системы (ландшафты, эко- и геосистемы) могут рассматриваться на уровне планеты, региона или локального уровня. Планетарный (глобальный) – географическая оболочка Земли (биосфера) или ее крупные части. Региональный – регионы, обособление которых обусловлено действием макроклиматических или геодинамических факторов (природные зоны, ландшафтные области и т. д.); локальный – небольшие территории, характеризующиеся особенностями гидроклиматического характера, мезорельефа и др. Соответственно речь может идти о национальной экологической безопасности, региональной и локальной. К числу принципов, на которых базируется экологическая безопасность, относятся:

– лимитирование – соответствие установленным нормативам;

– оптимизация – предел воздействия источника на окружающую среду фиксируется на минимальном уровне;

– ограничения – сознательное сокращение воздействия за счет системы принимаемых мер;

– равновесие – поддержание экологического баланса;

– совершенствование – усовершенствование технического потенциала;

– компенсация – восстановление и воспроизводство нарушений природно-ресурсного потенциала;

– информативность – увеличение объема информации, представленной для населения;

– специфичность – учет природных особенностей объекта воздействия.

Как следует из названных принципов, неоценимую значимость имеет соблюдение экологических ограничений при природопользовании (всех его специфических видов), характер которых меняется в зависимости от пространственных масштабов рассматриваемой территории. Так, на национальном уровне решающее значение приобретает соотношение нарушенных и естественных природных ландшафтов. Согласно основополагающим принципам концепции биотической регуляции, имеющей на сегодня общественное признание, ведущая роль в этом соотношении принадлежит естественным лесным массивам [3, 10].

В соответствии с концепцией биотической регуляции [12, 13], основой жизни на Земле служит биота. Воздействие человека на природу в этом случае ограничивается пределами биосферного коридора, соблюдение которого позволяет сохранять естественные экосистемы в «здоровом состоянии», том, которое необходимо для поддержания устойчивости окружающей среды. В настоящее время стало понятно, что благополучие человека на Земле зависит от стабильности биосферы, сохранения биоразнообразия [14]. Отсюда стратегической целью для России и других стран мира становится расширение площадей с естественной биотой (увеличение доли площадей ООПТ), а также восстановление экосистем, разрушенных антропогенной деятельностью. При этом, как отмечают исследователи, естественные экосистемы должны занимать большие территории, достаточные для того, чтобы естественная биота сохраняла «способность к регуляции окружающей среды в глобальном масштабе» [15]. С учетом правила 1 % (однопроцентное потребление чистой первичной продукции (УПП) биомассы населением) [16] обосновывается соотношение трех типов территорий, обеспечивающих сохранение экологического баланса в природе.

Выделению подлежат территории:

– ненарушенные (сохранение естественной растительности, низкая плотность населения – менее 10 чел./км^2);

– частично нарушенные (вторичная растительность сельскохозяйственных земель, интенсивный выпас скота, вырубка лесов);

– нарушенные ландшафты (экосистемы) – постоянные пахотные угодья, городские и сельские поселения, отсутствие естественной растительности, проявление признаков деградации земель.

Подобный подход к разделению поверхности Земли на три территориальных комплекса с разной степенью нарушенности имеет место в работах [17]. Рекомендуемое соотношение рассматриваемых типов территорий должно быть близким к 5 : 4,5 : 0,5. В реальной жизни встречается соотношение 2 : 2 : 1 и даже 1 : 3 : 1. Рекомендации Н. Ф. Реймера сводятся к необходимости учета природных зон исследуемых территорий [17]. Ю. Одум считает соотношение этих территорий равным 5 : 4 : 1 [18]. Согласно ФАО ООН, площади, занятые лесом, должны составлять 50 %, сельскохозяйственные земли – 45 %, застройки – 5 %. Характер нарушенных территорий по континентам мира отражен в табл. 2.

Анализ показывает, что требуемое соотношение территорий по отдельным континентам не выполняется, хотя в целом по планете оно близко к норме. Основное отклонение связано с наличием нарушенных земель, процент которых превышает норму в разы. Что касается России, то, согласно [19, 20], доля нарушенных земель на территории РФ составляет около 70 %, и в целом соотношение площадей территорий соответствует норме, т. е. экологические ограничения, действующие в планетарном и национальном масштабах, выдерживаются.

Таблица 2. Масштаб нарушенности горизонтальной структуры экосистем по континентам Земли
Table 2. The scale of disturbance of the horizontal structure of ecosystems on the Earth's continents

Континент	Общая площадь, млн км²	Площадь экосистем, % от площади континента		
		Ненарушенных	Частично нарушенных	Нарушенных
Европа	8,76	15,5	19,6	64,9
Азия	53,31	43,5	27,0	29,5
Африка	33,98	48,8	35,8	15,4
Северная Америка	26,18	56,3	18,8	24,9
Южная Америка	20,12	62,4	22,5	15,1
Австралия	8,45	62,0	25,8	12,0
Вся суша без Антарктиды	150,84	48,8	26,5	24,7

Для каждой из выделенных типов земель предусматривается своя политика обеспечения экологической безопасности. Подобный подход к обеспечению экологической безопасности обосновывается исследователями [7] для условий недропользования. Особую приоритетность построения эффективной системы экологической безопасности он имеет для условий частично нарушенных ландшафтов (экосистем) при освоении ресурсов недр.

Базовым положением обоснования экологической безопасности в этом случае на региональном уровне выступает принцип сбалансированности при природопользовании, присущий как концепции экоразвития, так и концепции устойчивого развития. Сбалансированное экономическое развитие и благоприятное функционирование природных систем требует биосферно-техносферного или природно-производственного паритета. Критерием сбалансированности в этом случае выступает

$$И \leq Т_э, \quad (1)$$

где И – природоемкость техносферы территории, т. е. совокупность объемов хозяйственного изъятия и поражения местных возобновимых ресурсов, включая загрязнение среды, а также другие формы техногенного угнетения реципиентов, в том числе и ухудшение здоровья людей; $Т_э$ – экологическая техноемкость территории; это обобщение характеристик территории, отражающее самовосстановительный потенциал природной системы и количественно равное максимальной техногенной нагрузке, которую может выдержать и перенести в течение длительного времени совокупность всех реципиентов и экологических систем территории без нарушения их структуры и функциональных свойств.

Рассматриваемый критерий означает условие непревышения совокупной техногенной нагрузки И самовосстановительного потенциала природной среды территории $Т_э$. Соотношение И и $Т_э$ позволяет судить о степени нарушенности (степени использования хозяйственной емкости и, соответственно, об экологической безопасности);

– при $И/Т_э \leq 0{,}3$ обстановка благополучная;

– при $И/Т_э \leq 1{,}0$ или $1 < И/Т_э < 10$ – критическая;

– при $И/Т_э \geq 10$ – крайне опасная.

Экологическая емкость территории пока не имеет общепризнанного определения. По мнению авторов [21], наиболее полное рассмотрение истории ее изучения приведено в работе К. А. Корлякова [22]. Наиболее приемлемым является определение, данное в [23]: «Экологическая емкость характеризует потенциально возможное количество вещества и энергии, которое может быть вовлечено экосистемой в круговорот». Некоторые авторы характеризуют ее с точки зрения производства кислорода и поглощения углекислого газа [24]. По своей сути экологическая емкость территории определяет предел, превышение которого вызывает кризисное состояние экосистем региона. В теоретическом плане приведенные рассуждения не вызывают сомнений в их логичности построения. Как всегда возникают вопросы в отношение количественной оценки И и $Т_э$.

Обобщение методов оценки, выполненное в работе [25], объединяет в себе шесть методических подходов, в работе [26] – четыре методических подхода, в работе [21] – шесть методических подходов и предлагается еще один подход, базирующийся на биологической продуктивности; в работе [22] выделяются три методических подхода:

– аккумулятивно-фильтрационный;

– балансово-энергетический;

– пространственно-временной.

Одним из первых для оценки экологической емкости территории использовался методический подход, базирующийся на параметрах ПДВ, ПДС, отраслевых нормативах и санитарных нормах [27, 28]. При балльной системе оценки экологическая емкость рассматривается как величина, обратная уровню экологического неблагополучия. Согласно рекомендациям [29], при кризисной обстановке экологическая емкость оценивается в 1 балл, при допустимой – в 2 балла, при удовлетворительной – в 3 балла. Данный метод апробирован, но оценка является субъективной и упрощенной.

В ряде случаев для оценки используются три геосферных компонента (атмосферный воздух, поверхностные воды, почвенный слой) [30, 31]. Уровень экологической емкости определяется по каждой из них. Экологическая техноемкость устанавливается суммированием частных показателей экологической емкости с учетом коэффициентов, в том числе коэффициента перевода массы в усл. т. Согласно исследованиям Н. Л. Никулиной, данный подход был использован для условий Свердловской области. Интегральный коэффициент истощения экологической техноемкости, равный 3,3, показал, что территории области находятся в зоне экологического кризиса, так как использование ассимиляционного потенциала превышено в 3,3 раза. Приоритетной для Свердловской области

проблемой является истощение экологической техноемкости атмосферного воздуха. Имеет место применение математических моделей, построение которых сводится к использованию системного анализа для модели сферы из трех слоев с изменением кривизны [32]. При пространственно-временном методе оценки применяются инструменты классического системного анализа, ориентированного на изучение систем в статическом состоянии. Так как экосистемы отличает достаточно большая динамичность, то требуется разработка более современных методов, как считают авторы [33].

Оценка экологической емкости территории может определяться как сумма экологической техноемкости, демографической емкости и репродуктивного потенциала. Итоговый показатель определяется в условных тоннах с учетом уровня его достоверности [34]. Предлагаемый в работе [26] подход к определению экологической емкости связан с оценкой продукции в течение ее жизненного цикла в геоэкологических системах. Расчет продуктивности ведется с учетом имеющихся видов растительности. Расчет экологической емкости территории E определяется по формуле:

$$E = \sum M\max_1/(1+\exp(a-bt))+\sum M\max_2/(1+\exp(c-dt))+ \\ +\sum M\max_3/(1+\exp(e-ft)), \quad (2)$$

где M – показатель биомассы растений; $M\max_{1-3}$ – максимально допустимая биомасса рассматриваемого вида 1–3, (зависит от вида гибридной специализации растений); a, b, c, d, e, f – эмпирические коэффициенты для разных видов растительности, преобладающей в рассматриваемой геосистеме; t – вегетативный период данного вида.

Отношение E к фактическому показателю генерируемой биомассы представляет собой индекс экологической емкости территории. Чем он больше, тем меньше задействована экологическая емкость территории. Как считают авторы [35], пространственно-временной метод оценки экологической емкости территории представляет наибольший интерес для рационального природопользования.

Достаточно часто для оценки экологической емкости территории используется энергетический подход [36]. Считается, что соизмерение природного и производственного потенциалов на энергетической основе относится к наиболее фундаментальным, научным принципам развития общества и достаточно хорошо аргументированным [37]. Определению подлежит солнечная энергия, поступающая на территорию, энергетический потенциал почвенного плодородия, потенциала энергии выпадающих осадков, изменения продуктивности массы экосистем (биомассы и биоразнообразия). Данные параметры позволяют оценивать степень изменения природной среды производством и, в конечном счете, определять экологическую емкость территории и ее использование. В работе [38] для оценки экологической емкости территории рекомендуется использовать медико-демографические характеристики: общая заболеваемость, детская смертность, медико-генетические нарушения, онкологические заболевания, связанные с загрязнением окружающей среды, подтверждаемые изменением окружающей природной среды. Авторы [39] оценивают ассимиляционную емкость при размещении дорожно-строительной смеси в природной среде с помощью показателей, отражающих техногенное загрязнение почвенного покрова. Имеют место и другие показатели, которые используются для оценки экологической емкости территории.

Соблюдение предела воздействия техногенной нагрузки на ассимиляционный потенциал (экологическую емкость) территории позволяет не допускать нарушения экологического баланса и соблюдать техногенно-биосферный паритет в рамках регионов.

Локальный уровень обеспечения экологической безопасности предусматривает использование экологических нормативов для обоснования экологических ограничений, соблюдение которых служит одним из основополагающих принципов экологической безопасности. В современных условиях действуют санитарно-гигиенические нормативы предельно допустимого воздействия на окружающую среду, которые направлены на защиту человека и могут быть губительными для биоты [40] – табл. 3. Санитарно-гигиенические нормативы нацелены на защиту здоровья человека, но здоровое общество может существовать только в здоровой среде, т. е. объектом нормирования должна стать экосистема.

Экологические нормативы (ПДЭН) по своему назначению должны определять ту допустимую границу изменения параметров состояния экосистем, за которой происходят структурно-функциональные изменения, приводящие к потере устойчивости и переходу экосистемы в новое состояние [42]. Сами по себе нормативы не защищают природу, но без них защита теряет обоснование. Главная цель экологического нормирования – это обеспечение взаимоприемлемого сочетания экологических и экономических интересов. Проблема нормирования нагрузок на экосистемы обсуждается уже давно. Взгляды на экологическое нормирование нашли отражение в работах таких авторов, как С. С. Шварц [43], Н. С. Строганов, В. Д. Федоров и др. [44], Д. А. Криволуцкий, Ф. А. Тихомиров [45], Ю. А. Израэль и др. [46], Ю. Г. Пузаченко [47], М. Д. Гродзинский [48], Т. Д. Александрова [49], Ю. Н. Лепплинский [50], Е. Л. Воробейчик и др. [51].

Из анализа методических подходов к решению рассматриваемой проблемы может быть выделено три основных положения экологического нормирования:

Таблица 3. Предельно допустимая концентрация вредных веществ для человека и древесных пород в воздухе, мг/м³
Table 3. Maximum permissible concentration of harmful substances for humans and trees in the air, mg/m³

Вещество	ПДК	
	Для человека	Для древесины
Окислы азота	0,085/0,04	0,01/0,02
Диоксид серы	0,5/0,05	0,3/0,016
Аммиак	0,2/0,04	0,1/0,01
Бензол	0,5/0,1	0,1/0,05
Промышленная пыль	0,5/0,15	0,2/0,05

Примечание: в числителе – максимально разовые вещества; в знаменателе – среднесуточные. Составлено по [41].

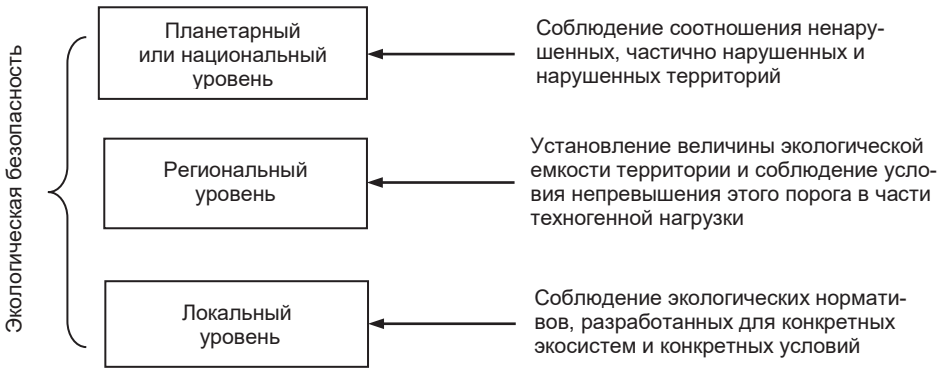

Рисунок 1. Система экологических ограничений, обеспечивающих экологическую безопасность
Figure 1. System of environmental restrictions ensuring environmental safety

– принцип вариантности – индивидуальность свойств экосистем требует вариантности нормативов, которые должны учитывать климатические, физико-географические условия региона, запас устойчивости экосистем;

– принцип временного характера нормативов, т. е. уровень нормативов должен учитывать процесс развития, происходящий в экосистемах;

– принцип агрегированности – разработка результирующих нормативов, представляющих собой агрегированные показатели, полученные свертыванием всего количества имеющейся информации.

Методологической базой экологического нормирования в современных условиях служит идея построения эмпирической кривой *доза–эффект*, что требует длительного по времени измерения изменений в биоте экосистем под влиянием изучаемых техногенных факторов. Величина норматива в этом случае соответствует одной из точек на этой кривой [42, 46, 51]. Главным недостатком рассматриваемого подхода является его «высокая трудоемкость и времяемкость» по словам К. Н. Трубецкого и Ю. П. Галченко [52], а также вариантность нормативов, учитывающих специфику конкретных объектов и условий среды. При всей, казалось бы, глобальной теоретической обоснованности концепции экологического нормирования имеет место недостаток конкретных эмпирических данных. Приходится констатировать отсутствие научных обоснований методологии, позволяющей разрабатывать экологические нормативы. На практике продолжают функционировать нормативы санитарно-гигиенического характера, не обеспечивающие условия экологической безопасности.

Заключение

Важнейшими условиями обеспечения экологической безопасности выступает принцип ограничения и оптимизации, т. е. сознательное сокращение воздействия на окружающую среду и соблюдение установленного предела воздействия. На всех территориальных уровнях в целях экологически безопасного природопользования должна соблюдаться соответствующая система экологических ограничений (рис. 1).

Обоснование системы экологических ограничений, связанных между собой, и их соблюдение служат залогом экологически безопасного природопользования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гродзинский М. Д. Устойчивость геосистем: теоретический подход к анализу и методы количественной оценки // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1987. № 6. С. 5–15.
2. Семячков А. И., Игнатьева М. Н., Литвинова А. А. Выявление и типология последствий воздействия горнопромышленного комплекса на окружающую среду. Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2008. 90 с.
3. Лосев К. С. Мифы и заблуждения в экологии. М.: Научный мир. 2010. 224 с.
4. Балицкий О. Ф., Мельник Л. Г., Яковлев А. Ф. Экономика и качество окружающей природной среды. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 190 с.
5. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Замесов Н. Ф., Родионов В. Н., Куликов В. И. Структура техногенно измененных недр при их освоении // Вестник РАН. 2002. Т. 72. № 11. С. 969–975.
6. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Бурцев Л. И. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества. М.: Научтехлитиздат, 2003. 262 с.
7. Кравцова М. В., Волкова Д. А., Афанасьев С. В., Мельникова Д. А., Белик В. С. Анализ и оценка уровня загрязнения почвенного покрова промышленных зон // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 9. С. 62–66.
8. Реймерс Н. Ф. Природопользование. М.: Мысль, 1990. 638 с.
9. Раменский А. Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. М.: Сельхозгиз, 1938. 620 с.
10. Осипов В. И. Биосферный подход к оценке экологической безопасности // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2017. № 4. С. 3–12.
11. Астахов А. С., Диколенко Е. Я., Харченко В. Д. Экологическая безопасность и эффективность природопользования. М.: Горная книга, 2009. 323 с.
12. Горшков В. Г., Котляков В. М., Лосев К. С. Экономический рост, состояние окружающей среды, богатство и бедность // Известия РАН. Сер. геогр. 1994. № 1. С. 7–13.
13. Горшков В. Г., Кондратьев К. Я., Лосев К. С. Если взять в союзники мудрость матери-природы // Вестник РАН. 1996. Т. 66. № 2. С. 119–128.
14. Кубарев М. С. Государственное регулирование природопользования: теоретико-методологический аспект. Екатеринбург. УГГУ, 2018. 222 с.

15. Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Экологический вызов и устойчивое развитие. М.: Прогресс-Традиция, 2000. 416 с.
16. Горшков В. Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. М.: ВИНИТИ, 1995. 470 с.
17. Реймерс Н. Ф. Экология. М.: Россия молодая, 1994. 367 с.
18. Одум Ю. Экология. М.: Мир, 1986. Т. 1. 328 с.
19. Hannah L., Lohse D., Hutchinson C., Carr J. L., Lankerani A. A Preliminary inventory of human disturbance of world ecosystems // Ambio. 1994. Vol. 23. No. 4/5. P. 246–250.
20. Лола А. М. Россия – страна урбосистем // Экосинформ. 1996. № 1-2. С. 11–25.
21. Копылов И. С., Красильников П. А., Клецкина О. В. Экологическая емкость территории: история изучения, обзор методов определения // Экология и промышленность России. 2023. Т. 27. № 2. С. 42–47.
22. Корляков К. А. Емкость среды. Челябинск: Изд-во ЧелГУ, 2018. 385 с. https://elibrary.ru/yumdxf
23. Лаврик В. И., Мережко А. И., Сиренко Л. А., Тимченко В. М. Экологическая емкость и ее количественная оценка // Гидробиологический журнал. 1991. Т. 27. № 3. С. 13–23.
24. Гершанок Г. Социально-экономическая и экологическая емкость территории при оценке устойчивости ее развития // Экономика региона. 2006. Т. 2. Вып. 4. С. 166–180.
25. Безгубов В. А., Часовников С. Н. К вопросу об экологической емкости территории и способах ее оценки // Фундаментальные исследования. 2015. № 12 (4). С. 751–754.
26. Жук П. М., Лаврусевич А. А. Современные подходы к определению экологической емкости территорий для оценки строительной продукции // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2020. № 1. С. 47–51. https://doi.org/10.31857/S0869780920010238; https://elibrary.ru/elfyxd
27. Денисенко Т. В. Экологическая емкость территории: принципы, оценка и анализ результатов // Интерэкспо Гео-Сибирь. Новосибирск. 2005. Т. 7. С. 206–210.
28. Елкина Л. Г. Управление экологическими ресурсами. М.: Палеотип, 2005. 144 с.
29. Баранник Л. П. Экологическая емкость территории (на примере муниципального образования «Новокузнецкий сельский район» // Экобюллетень ИнЭкА. 2008. № 4 (122). С. 42–44.
30. Никулина Н. Л. Экологические аспекты экономической безопасности региона: автореф. дис. … канд. экон. наук. Екатеринбург. 2008. 26 с.
31. Часовников С. Н., Старченко Е. Н., Вержицкий Д. Г. Формирование рыночных механизмов экономического рынка промышленно-развитых регионов (на примере Кемеровской области) // Вестник КГУ. 2014. № 3(59). С. 263–270.
32. Мусихина Е. А. Методологический аспект технологии комплексной оценки экологической емкости территорий. М.: Изд-во «Академия Естествознания», 2009. 137 с.
33. Мусихина Е. А., Айзенберг И. И., Михайлова О. С. Пространственно-временной метод оценки экологической емкости территорий // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 2(22). С. 175–178.
34. Жемадукова С. Р. Экологическая емкость территории и прогнозирование поведения эколого-экономической системы с помощью орграфов (на примере республики Адыгея) // Новые технологии. 2008. № 6. С. 58–61.
35. Копылов И. С., Красильников П. А., Клецкина О. В. Экологическая емкость территории: классификация подходов и критериев оценки // Экология и промышленность России. 2022. Т. 27. № 4. С. 66–71. https://doi.org/10.18412/1816-0395-2023-4-66-71
36. Кочуров Б. И., Маруних Н. А. Эколого-энергетический анализ экосистем. М.: ИНФА-М, 2016. 144 с.
37. Акимова Т. А. Теоретические основы организации эколого-экономических систем // Экономика природопользования. 2003. № 4. С. 2–8.
38. Шувалов Ю. В., Паршина М. В., Зуев Е. П., Веселов А. П. Оценка экологической емкости природной среды в угледобывающих регионах с учетом перспективы развития угольной промышленности // ГИАБ. 2008. № 1. С. 265–272.
39. Пичугин Е. А, Зильберман М. В., Шенфельд Б. Е. Оценка ассимиляционной емкости экосистемы при размещении в ней дорожно-строительных материалов на основе бурового шлама // Проблемы региональной экологии. 2014. № 4. С. 242–246.
40. Мещурова Т. А., Пичугин Е. А., Черепанов М. В., Горленко А. С. Проблемы существующей системы нормирования качества атмосферного воздуха, водных объектов и почвы в Российской Федерации // Проблемы региональной экологии. 2016. № 5. С. 116–120.
41. Методика определения предельно допустимых концентраций вредных газов для растительности. М., 1988. 15 с.
42. Садыков О. Ф. Экологическое нормирование: проблемы и перспективы // Экология. 1989. № 3. С. 3–11.
43. Шварц С. С. Теоретические основы глобального экологического прогнозирования // Всесторонний анализ окружающей природной среды: труды II Советско-американского симпоз. Л., 1976. С. 181–191.
44. Федоров В. Д., Левич А. П. Анализ данных. Экспликация понятия «норма» и целостные свойства систем // Человек и биосфера. М., 1978. Вып. 2. С. 3–16.
45. Криволуцкий Д. А., Тихомиров Ф. А., Федоров Е. А. Биоиндикация и экологическое нормирование на примере радиоэкологии // Журнал общей биологии. 1986. Т. 47. № 4. С. 468–478.
46. Израэль Ю. А., Семенов С. Н., Купина И. М. Экологическое нормирование: методология и практика // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. Л., 1991. Т. 13. С. 10–24.
47. Пузаченко Ю. Г. Методологические основания экологического нормирования // Экологическое нормирование: проблемы и методы. М., 1992. С. 122–125.
48. Гродзинский М. Д. Эмпирические и формально-статистические методы определения областей допустимых и нормальных состояний // Научные подходы к определению норм нагрузок на ландшафты. М., 1988. С. 215–224.
49. Александрова Т. Д. Нормирование антропогенных нагрузок на ландшафт. Состояние проблемы. Возможности и ограничения // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1990. № 1. С. 46–54.
50. Леплинский Ю. И. Методика экологического нормирования аэральных промышленных загрязнений лесных экосистем // Экология и защита леса. Л., 1990. С. 22–28.
51. Воробейчик Е. Л. Садыков О. Ф., Фарафонтов М. Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. Екатеринбург: УНФ «Наука», 1994. 280 с.
52. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П. Методологические основы экологического нормирования уровня техногенных воздействий при освоении недр // Экология. 2004. № 2. С. 83–89.

Статья поступила в редакцию 01 ноября 2024 года

UDC 330.15 http://doi.org/10.21440/2307-2091-2024-4-129-137

Environmental restrictions as a tool of the mechanism of environmental safety of nature management

Boris Valer'evich FRANTSUZOV[1]
Nataliya Georgievna PUSTOKHINA[2*]
Aleksandr Sergeevich SOKOLOV[2]
Vladimir Evgen'evich STROVSKIY[2**]

[1]Ministry of Natural Resources and the Environment of the Russian Federation, Moscow, Russia
[2]Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia

Abstract

Relevance. Violation of harmonization between the economy and ecology worsens the ecological situation, leads to the emergence of a number of irreversible consequences. The need to form non-destructive relations between nature and society requires a transition to ecologically sustainable economic development. This fully applies to the process of subsoil development. Protection of the natural biota of the Earth from the consequences of man-made changes in the subsoil and protection of man constitute, in essence, the content of the concept of environmental safety of subsoil use.
The purpose of the study is to generalize and analyze methodological approaches to establishing environmental restrictions at different territorial levels and their role in ensuring environmental safety of nature management.
Research methods. Systems approach, logical analysis, methods of comparison, analogies.
Results. The most important prerequisite for increasing the significance of environmental safety is the expansion of the scale of disturbed territories. The article considers the response of biota to technogenic impact. The concept of environmental safety and the fundamental principles on which it is based are specified. The system of environmental restrictions established at different territorial levels is detailed. For the conditions of the national level, the environmental restrictions are the ratios of undisturbed, partially disturbed and disturbed territories. The basic provision at the regional level is the biosphere-technogenic parity. The essence of the concept of "ecological capacity of the territory" is determined and methodological approaches to its assessment are considered. Of particular interest is the methodological approach, which provides for the assessment of the productivity of vegetation according to its life cycle. For the local level of territories, ensuring environmental safety requires the development of environmental standards aimed at protecting the natural environment, since a healthy society can exist only in a healthy environment.
Conclusions. The development of a system of environmental restrictions for all territorial levels and their observance undoubtedly ensures environmentally safe use of natural resources.

***Keywords*:** environmental safety, territorial levels, environmental restrictions, development, compliance.

REFERENCES

1. Grodzinsky M. D. 1987, Stability of Geosystems: Theoretical Approach to Analysis and Methods of Quantitative Assessment. *Izvestiya Akademii Nauk SSSR. Ser. geogr.* [News of the USSR Academy of Sciences. Ser. geogr.], no. 6, pp. 5–15. (*In Russ.*)
2. Semyachkov A. I., Ignatyeva M. N., Litvinova A. A. 2008, Identification and typology of the consequences of the impact of the mining complex on the environment. Ekaterinburg, 90 p. (*In Russ.*)
3. Losev K. S. 2010, Myths and misconceptions in ecology. Moscow, 224 p. (*In Russ.*)
4. Balitsky O. F., Melnik L. G., Yakovlev A. F. 1984, Economy and quality of the natural environment. Leningrad, 190 p. (*In Russ.*)
5. Trubetskoy K. N., Galchenko Yu. P., Zamesov N. F., Rodionov V. N., Kulikov V. I. 2002, Structure of technogenically altered subsoil during its development. *Vestnik RAN* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences], vol. 72, no. 11, pp. 969–975. (*In Russ.*)
6. Trubetskoy K. N., Galchenko Yu. P., Burtsev L. I. 2003, Environmental problems of subsoil development with sustainable development of nature and society. Moscow, 262 p. (*In Russ.*)
7. Kravtsova M. V., Volkova D. A., Afanasyev S. V., Melnikova D. A., Belik V. S. 2018, Analysis and assessment of the level of pollution of the soil cover of industrial zones. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], vol. 22, no. 9, pp. 62–66. (*In Russ.*)
8. Reimers N. F. 1990, Nature management. Moscow, 638 p. (*In Russ.*)
9. Ramensky A. G. 1938, Introduction to complex soil-geobotanical study of lands. Moscow, 620 p. (*In Russ.*)
10. Osipov V. I. 2017, Biosphere approach to assessing environmental safety. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya* [Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology], no. 4, pp. 3–12. (*In Russ.*)
11. Astakhov A. S., Dikolenko E. Ya., Kharchenko V. D. 2009, Environmental safety and efficiency of nature management. Moscow, 323 p. (*In Russ.*)
12. Gorshkov V. G., Kotlyakov V. M., Losev K. S. 1994, Economic growth, state of the environment, wealth and poverty. *Izvestiya RAN. Ser. geogr.* [News of the Russian Academy of Sciences. Geography series], no. 1, pp. 7–13. (*In Russ.*)
13. Gorshkov V. G., Kondratyev K. Ya., Losev K. S. 1996, If we take the wisdom of mother nature as an ally. *Vestnik RAN* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences], vol. 66, no. 2, pp. 119–128. (*In Russ.*)

✉kao@m.ursmu.ru
**ief.etp@m.ursmu.ru
https://orcid.org/0000-0001-6898-4286

14. Kubarev M. S. 2018, State regulation of nature management: theoretical and methodological aspect. Ekaterinburg, 222 p. (*In Russ.*)
15. Danilov-Danilyan V. I., Losev K. S. 2000, Environmental challenge and sustainable development. Moscow, 416 p. (*In Russ.*)
16. Gorshkov V. G. 1995, Physical and biological foundations of life sustainability. Moscow, 470 p. (*In Russ.*)
17. Reimers N. F. 1994, Ecology. Moscow, 367 p. (*In Russ.*)
18. Odum Yu. 1986, Ecology. Moscow, vol. 1, 328 p. (*In Russ.*)
19. Hannah L., Lohse D., Hutchinson C., Carr J. L., Lankerani A. 1994, A Preliminary inventory of human disturbance of world ecosystems. *Ambio*, vol. 23, no. 4/5, pp. 246–250.
20. Lola A. M. 1996, Russia is a country of urban systems. *Ekosinform*, no. 1-2, pp. 11–25. (*In Russ.*)
21. Kopylov I. S., Krasilnikov P. A., Kletskina O. V. 2023, Ecological capacity of the territory: history of study, review of methods of determination. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], vol. 27, no. 2, pp. 42–47. (*In Russ.*)
22. Korlyakov K. A. 2018, Capacity of the environment. Chelyabinsk, 385 p. (*In Russ.*) https://elibrary.ru/yumdxf
23. Lavrik V. I., Merezhko A. I., Sirenko L. A., Timchenko V. M. 1991, Ecological capacity and its quantitative assessment. *Gidrobiologicheskiy zhurnal* [Hydrobiological Journal], vol. 27, no. 3, pp. 13–23. (*In Russ.*)
24. Gershanok G. 2006, Socio-economic and ecological capacity of the territory in assessing the sustainability of its development. *Ekonomika regiona* [Regional Economy], vol. 2, issue 4, pp. 166–180. (*In Russ.*)
25. Bezgubov V. A., Chasovnikov S. N. 2015, On the issue of the ecological capacity of the territory and methods of its assessment. *Fundamental'nyye issledovaniya* [Fundamental Research], no. 12 (4), pp. 751–754. (*In Russ.*)
26. Zhuk P. M., Lavrusevich A. A. 2020, Modern approaches to determining the ecological capacity of territories for assessing construction products. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya* [Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology], no. 1, pp. 47–51. (*In Russ.*) https://doi.org/10.31857/S0869780920010238; https://elibrary.ru/elfyxd
27. Denisenko T. V. 2005, Ecological capacity of the territory: principles, assessment and analysis of results. Interexpo Geo-Siberia. Novosibirsk, vol. 7, pp. 206–210. (*In Russ.*)
28. Elkina L. G. 2005, Management of environmental resources. Moscow, 144 p. (*In Russ.*)
29. Barannik L. P. 2008, Ecological capacity of the territory (on the example of the municipality "Novokuznetsk rural district". *Ekobyulleten' InEkA* [Eco-bulletin InEkA], no. 4 (122), pp. 42–44. (*In Russ.*)
30. Nikulina N. L. 2008, Environmental aspects of economic security of the region, PhD thesis. Ekaterinburg, 26 p. (*In Russ.*)
31. Chasovnikov S. N., Starchenko E. N., Verzhitsky D. G. 2014, Formation of market mechanisms of the economic market of industrially developed regions (on the example of the Kemerovo region). *Vestnik KGU* [KSU Bulletin], no. 3 (59), pp. 263–270. (*In Russ.*)
32. Musikhina E. A. 2009, Methodological aspect of the technology of complex assessment of ecological capacity of territories. Moscow, 137 p. (*In Russ.*)
33. Musikhina E. A., Aizenberg I. I., Mikhailova O. S. 2014, Spatio-temporal method for assessing the ecological capacity of territories. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technologies], no. 2(22), pp. 175–178. (*In Russ.*)
34. Zhemadukova S. R. 2008, Ecological capacity of the territory and forecasting the behavior of the ecological-economic system using orgraphs (using the example of the Republic of Adygea). *Novyye tekhnologii* [New technologies], no. 6, pp. 58–61. (*In Russ.*)
35. Kopylov I. S., Krasilnikov P. A., Kletskina O. V. 2022, Ecological capacity of the territory: classification of approaches and assessment criteria. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], vol. 27, no. 4, pp. 66–71. (*In Russ.*) https://doi.org/10.18412/1816-0395-2023-4-66-71
36. Kochurov B. I., Marunich N. A. 2016, Ecological and energetic analysis of ecosystems. Moscow, 144 p. (*In Russ.*)
37. Akimova T. A. 2003, Theoretical foundations of the organization of ecological-economic systems. *Ekonomika prirodopol'zovaniya* [Economics of nature management], no. 4, pp. 2–8. (*In Russ.*)
38. Shuvalov Yu. V., Parshina M. V., Zuev E. P., Veselov A. P. 2008, Assessment of the ecological capacity of the natural environment in coal mining regions taking into account the prospects for the development of the coal industry. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining information and analytical bulletin], no. 1, pp. 265–272. (*In Russ.*)
39. Pichugin E. A., Zilberman M. V., Shenfeld B. E. 2014, Evaluation of the assimilation capacity of an ecosystem when placing road construction materials based on drill cuttings in it. *Problemy regional'noy ekologii* [Problems of regional ecology], no. 4, pp. 242–246. (*In Russ.*)
40. Meshchurova T. A., Pichugin E. A., Cherepanov M. V., Gorlenko A. S. 2016, Problems of the existing system of standardization of the quality of atmospheric air, water bodies and soil in the Russian Federation. *Problemy regional'noy ekologii* [Problems of regional ecology], no. 5, pp. 116–120. (*In Russ.*)
41. 1988, Methodology for determining maximum permissible concentrations of harmful gases for vegetation. Moscow, 15 p. (*In Russ.*)
42. Sadykov O. F. 1989, Environmental regulation: problems and prospects. *Ekologiya* [Ecology], no. 3, pp. 3–11. (*In Russ.*)
43. Schwartz S. S. 1976, Theoretical foundations of global environmental forecasting. Comprehensive Analysis of the Natural Environment: Proceedings of the II Soviet-American Symposium. Leningrad, pp. 181–191. (*In Russ.*)
44. Fedorov V. D., Levich A. P. 1978, Data analysis. Explication of the concept of "norm" and holistic properties of systems. *Chelovek i biosfera* [Man and the Biosphere]. Moscow, issue 2, pp. 3–16. (*In Russ.*)
45. Krivolutskiy D. A., Tikhomirov F. A., Fedorov E. A. 1986, Bioindication and environmental regulation on the example of radioecology. *Zhurnal obshchey biologii* [Journal of General Biology], vol. 47, no. 4, pp. 468–478. (*In Russ.*)
46. Israel Yu. A., Semenov S. N., Kupina I. M. 1991, Environmental regulation: methodology and practice. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniye ekosistem* [Problems of environmental monitoring and ecosystem modeling]. Leningrad, vol. 13, pp. 10–24. (*In Russ.*)
47. Puzachenko Yu. G. 1992, Methodological foundations of environmental regulation. Environmental regulation: problems and methods. Moscow, pp. 122–125. (*In Russ.*)
48. Grodzinsky M. D. 1988, Empirical and formal-statistical methods for determining the areas of admissible and normal states. *Nauchnyye podkhody k opredeleniyu norm nagruzok na landshafty* [Scientific approaches to determining landscape load standards]. Moscow, pp. 215–224. (*In Russ.*)
49. Aleksandrova T. D. 1990, Standardization of anthropogenic loads on the landscape. State of the problem. Possibilities and limitations. *Izvestiya Akademii Nauk SSSR. Ser. geogr.* [News of the USSR Academy of Sciences. Geography series], no. 1, pp. 46–54. (*In Russ.*)
50. Leplinsky Yu. I. 1990, Methodology of ecological regulation of aerial industrial pollution of forest ecosystems. *Ekologiya i zashchita lesa* [Ecology and forest protection]. Leningrad, pp. 22–28. (*In Russ.*)
51. Vorobeychik E. L. Sadykov O. F., Farafontov M. G. 1994, Ecological regulation of technogenic pollution of terrestrial ecosystems. Ekaterinburg, 280 p. (*In Russ.*)
52. Trubetskoy K. N., Galchenko Yu. P. 2004, Methodological foundations of environmental regulation of the level of technogenic impacts during subsoil development. *Ekologiya* [Ecology], no. 2, pp. 83–89. (*In Russ.*)

The article was received on November 01, 2024