

---

---

# ИЗУЧЕНИЕ И РЕАБИЛИТАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ

---

## THE STUDY AND REHABILITATION OF ECOSYSTEMS

---

---

УДК 502.3.351.15(476)

### КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ И ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ФАКТОРА ТЕХНОГЕНЕЗА

*А. И. КАЛАШНИКОВА<sup>1)</sup>, М. Г. ЯСОВЕЕВ<sup>1)</sup>*

<sup>1)</sup>*Белорусский государственный университет,  
Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова, ул. Долгобродская, 23/1, 220070,  
г. Минск, Беларусь*

Изучение трансформации природной среды, находящейся в условиях техногенного воздействия, является важным для обеспечения устойчивого развития территории. Рассмотрены объекты среднemasштабного ландшафтного картографирования (ПТК) в рангах родов, подродов и видов. Определены ведущие критерии выделения основных рангов природных и природно-антропогенных ландшафтов. Представлены результаты геоэкологического анализа трансформации ландшафтов в районах с высокой интенсивностью техногенного воздействия дополнительной оценочной категории геоэкологических условий по техногенным факторам – «крайне неблагоприятные». Показано, что при выявлении геоэкологических ситуаций и разработке мероприятий по их улучшению или предупреждению картографический метод анализа дает возможность с высокой степенью точности передать пространственные особенности экологической обстановки, зависящие от техногенных трансформаций природной среды.

---

#### **Образец цитирования:**

Калашникова А. И., Ясовеев М. Г. Критерии оценки и территориальная дифференциация геоэкологических условий под воздействием фактора техногенеза // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. 2018. № 4. С. 12–19.

#### **For citation:**

Kalashnikava A. I., Yasoveev M. G. Criteria of evaluation and territorial differentiation of geoecological conditions under the influence of the factor of technogenesis. *J. Belarus. State Univ. Ecol.* 2018. No. 4. P. 12–19 (in Russ.).

---

#### **Авторы:**

*Анна Ивановна Калашникова* – преподаватель кафедры общей экологии, биологии и экологической генетики.

*Марат Гумерович Ясовеев* – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры общей экологии, биологии и экологической, декан факультета экологической медицины.

#### **Authors:**

*Hanna I. Kalashnikava*, lecturer of the department of general ecology, biology and ecological genetics.

*annaand@tut.by*

*Marat G. Yasoveev*, doctor of science (geological and mineralogical), professor of the department of general ecology, biology and ecological genetics, dean of the faculty of environmental medicine.

*jasoveev.marat2016@yandex.ru*

---

**Ключевые слова:** критерии оценки геоэкологических условий; территориальная дифференциация; фактор техногенеза; природные ландшафты; природно-антропогенные ландшафты; оценочные критерии эколого-геологических условий.

## CRITERIA OF EVALUATION AND TERRITORIAL DIFFERENTIATION OF GEOECOLOGICAL CONDITIONS UNDER THE INFLUENCE OF THE FACTOR OF TECHNOGENESIS

*A. I. KALASHNIKAVA<sup>a)</sup>, M. G. YASOVEEV<sup>a)</sup>*

*<sup>a)</sup>Belarusian State University, International Sakharov Environmental Institute,  
Dolgobrodskaya street, 23/1, 220070, Minsk, Belarus  
Corresponding author: A. I. Kalashnikava (annaand@tut.by)*

The study of the transformation of the natural environment under the conditions of anthropogenic impact is important for the sustainable development of the territory. The objects of medium-scale landscape mapping – natural territorial complex – in the ranks of the genera, subgenera and species are considered. The leading criteria for identifying the main ranks of natural and natural-anthropogenic landscapes are defined. The results of the geoecological analysis of the transformation of landscapes in areas with a high intensity of anthropogenic impact of the additional assessment category of geoecological conditions according to anthropogenic factors – «extremely unfavorable» are presented. It is shown that when identifying geo-ecological situations and developing measures for their improvement or prevention, the cartographic method of analysis makes it possible with a high degree of accuracy to convey the spatial features of the ecological situation, depending on the man-made transformations of the natural environment.

**Key words:** criteria for the assessment of geo-ecological conditions; territorial differentiation; a factor of technogenesis; natural landscapes; natural-anthropogenic landscapes; estimated criteria of ecological-geological conditions.

### Введение

В условиях увеличивающихся информационных потоков о состоянии природной среды, значительно усложнения теоретических и методологических проблем все более возрастает роль геоэкологического картографирования. Сущность геоэкологического картографирования состоит в системном анализе результатов геоэкологических исследований, определении ведущих факторов устойчивости природной среды, выборе оценочных критериев геоэкологических условий, изучении техногенных трансформаций природной среды, оценке геоэкологических параметров территории. Целевым назначением карт природных ландшафтов является отображение особенностей ландшафтной дифференциации территории. Их составление предусматривает решение следующих задач:

- выбор классификационных единиц среднемасштабного ландшафтного картографирования;
- уточнение критериев их выделения с учетом эколого-геологического аспекта исследований;
- анализ взаимообусловленности природных компонентов в пределах рассматриваемых полигонов;
- типологию природных территориальных комплексов (ПТК).

Составление карт природных ландшафтов выполняется на основе классификации ПТК, разработанной белорусскими учеными-ландшафтоведами [1]. Методические подходы к выделению ПТК несколько отличаются от традиционных в связи с геоэкологическим характером ландшафтного картографирования.

Объектами среднемасштабного ландшафтного картографирования являются ПТК в рангах родов, подродов и видов. Ведущим критерием выделения рода ландшафтов служат генетические особенности и время формирования территории. Г. И. Марцинкевич установлено [1], что в области эрозионно-аккумулятивной деятельности плейстоценовых оледенений развиты холмисто-моренно-озерные ландшафты, сформированные поозерским ледником. С образованиями сожского ледникового покрова связаны холмисто-моренно-эрозионные и камово-моренно-эрозионные ПТК. Исключение составляют нерасчлененные комплексы, сочетающие разновозрастные элементы, например, речные долины, объединяющие современную пойму, и участки локальных террас голоценового возраста. Нерасчлененные комплексы с преобладанием болот различаются как возрастом, так и условиями формирования, что обусловлено распространением в пределах болотных массивов минеральных

островов. Роды ландшафтов отличаются между собой степенью дренированности, типом почв, растительными формациями [2].

### **Материалы и методы исследования**

В основе получения необходимой информации для построения геоэкологической карты, карты природно-антропогенных ландшафтов лежит геоэкологический подход, который заключается в поэтапном решении проблем с помощью представления о системах как о комплексе взаимодействующих систем разных порядков, изучение их с помощью исследования взаимодействий и изучаемой системы с окружающей средой, а затем частей системы друг с другом.

Начальным технологическим этапом построения геоэкологической карты является выбор оценочных критериев геоэкологических условий. Как правило, в качестве ведущих показателей геоэкологических условий оценивается состояние трех природных сред: верхних слоев литосферы, почв, поверхностных и подземных вод. Анализируются сведения о вещественном составе грунтов, типах почв, растительном покрове, степени суммарного загрязнения почв, изменении УГВ (уровня грунтовых вод) и другие характеристики территории ландшафта. Принимаются во внимание и косвенные данные: интенсивность водообмена, защищенность подземных вод, коэффициент освоенности ландшафтов и др. Комплексный анализ этих сведений позволяет оценить экологическое состояние ландшафта, выделив при этом территории с различной благоприятностью геоэкологической обстановки, что позволяет произвести районирование изученной территории с выделением зон различной интенсивности проявления техногенных процессов [5].

Назначение и содержание геоэкологических карт определяются, прежде всего, масштабом картографирования и объектами геоэкологического анализа. Составление таких карт осуществляется на трех уровнях: 1) региональном (масштаб 1:500 000 и мельче), 2) локальном (масштаб 1:200 000–1:100 000) и 3) детальном (масштаб 1:50 000–1:25 000). Мелкомасштабные геоэкологические карты составляются для стабильных в геоэкологическом плане ландшафтов, где влияние деятельности человека относительно невелико и преобладают устойчивые территории. Они также могут составляться для крупных регионов как обзорные карты. Основное назначение таких карт – выявление основных факторов и критериев, характеризующих изменение геологического строения под влиянием антропогенных процессов, определение общей геоэкологической обстановки. Среднемасштабные геоэкологические карты составляются для районов интенсивного освоения с достаточно широким развитием техногенных процессов. Крупномасштабные геоэкологические карты составляются для районов, где ландшафты подвержены значительной дестабилизации.

### **Результаты и обсуждения**

Ландшафтное картографирование в геоэкологических целях при выделении ПТК в ранге рода предполагает учет структурно-геологических особенностей региона. При этом устанавливаются соотношения ландшафтов с рельефом ложа антропогенных отложений: приуроченность к возвышенным, равнинным и пониженным (ложбинообразным) участкам погребенного рельефа. Названные признаки являются дополнительной информацией о вертикальной структуре ПТК и отражены в их названии. Кроме того, рельеф доантропогенной поверхности во многом определяет направленность и напряженность транзитных потоков техногенных загрязнений, достигающих максимальных значений в ПТК, соответствующих древним понижениям и ложбинам. Выделены основные и дополнительные критерии определения природных ландшафтов (табл. 1).

Критерии выделения природных ландшафтов

Table 1

Criteria for the selection of natural landscapes

Единицы классификации ландшафтов	Критерии выделения		Показатели границ
	основные	дополнительные	
Класс	Крупные морфоструктурные особенности территории	Спектр ландшафтных зон	Изменение макрорельефа
Тип	Макроклиматические условия	Растительный покров	Смена типа климата
Подтип	Состав растительных сообществ	Мезоклимат	Смена эдификаторов фитоценозов
Группа родов	Вертикальная дифференциация дневной поверхности	Не используются	Изменение доминирующих абсолютных отметок
Род	Время формирования и генетическая категория дневной поверхности	Соотношение с палеорельефом, степень дренированности, тип почв, растительные формации	Смена генетических комплексов антропогенных отложений
Подрод	Литология поверхностных отложений	Не используются	Смена литологических разностей
Вид	Мезоформы рельефа	Вид почв, группы растительных ассоциаций	Изменение типа мезорельефа

Ведущим критерием выделения подрода ландшафтов является литология поверхностных отложений [1]. Данный компонент контролирует в пределах ПТК особенности рельефа, гранулометрический состав почв, распределение растительных сообществ, а также оказывает влияние на степень и характер освоенности территории, определяет естественную защищенность почвогрунтов и подземных вод. В связи с этим картографирование подродов ландшафтов безусловно важно при экологической оценке природной среды.

Основным признаком выделения вида ландшафтов служат особенности мезорельефа, дополнительными – виды почв и группы растительных ассоциаций [1]. На карте природных ландшафтов виды ПТК несут основную смысловую нагрузку.

Легенда к картам природных ландшафтов строится на базе матричного метода с учетом классификационного ранжирования ландшафтных единиц, их соподчиненности и взаимосвязи.

В результате длительного хозяйственного и промышленного использования территории природная среда Беларуси подверглась достаточной антропогенной трансформации, что привело к смене природных ландшафтов на природно-антропогенные и техногенные. Эти и другие факторы также оказывают негативное влияние на функционирование и рост природно-хозяйственных и социально-экономических систем. Комплексный анализ карт природных ландшафтов и картосхем источников антропогенного воздействия позволяет охарактеризовать современное состояние ПТК и составить карты природно-антропогенных ландшафтов (ПАЛ) территории. Согласно определению Г. И. Марцинкевич [3], природно-антропогенные ландшафты – техногенные модификации ПТК, сформировавшиеся под влиянием хозяйственной деятельности человека. Их картографирование предполагает решение следующих задач [5]:

- определение структуры земельных угодий в каждом из ландшафтных выделов;
- типизацию ПТК по преобладающим видам антропогенного воздействия;
- типизацию ПТК по направленности хозяйственного использования территории;
- составление классификации природно-антропогенных ландшафтов;
- разработку легенды к искомой картографической модели.

Классификация природно-антропогенных ландшафтов определяется с учетом основных теоретических и методических подходов к их картографированию, разработанных Д. Л. Армандом, А. Г. Исаченко, Г. И. Марцинкевич и др. Предлагаемый вариант классификации имеет некоторые особенности, обусловленные масштабом и прикладной геоэкологической направленностью проводимых исследований [4]. Иерархический ряд выделенных типологических комплексов характеризуется многоступенчатостью. Его построение выполняется с использованием общепризнанных основных (класс – тип – род – вид) и промежуточных (подкласс – подрод – группа видов) классификационных единиц регионального уровня.

Выделение высших единиц классификации природно-антропогенных ландшафтов (табл. 2) проводится по природным характеристикам территориальных комплексов – макроклимату (класс), составу растительных сообществ (подкласс), времени формирования и генетической категории дневной поверхности (тип). Данная позиция продиктована тем, что природно-антропогенные ландшафты возникли на основе ПТК и природная

основа в их пределах не утратила своей ведущей роли. Их структура, качество во многом определяются природными предпосылками, подчиняются природным закономерностям.

Таблица 2

**Критерии выделения природно-антропогенных ландшафтов**

Table 2

**Criteria for the selection of natural and man-made landscapes**

Единицы классификации ландшафтов	Критерии выделения		Показатели границ
	основные	дополнительные	
Класс	Макроклиматические условия	Растительный покров	Смена типа климата
Подкласс	Состав растительных сообществ	Мезоклимат	Смена эдификаторов фитоценоза
Тип	Время формирования и генетическая категория дневной поверхности	Тип почв, растительные формации	Смена генетических комплексов антропогенных отложений
Род	Направленность хозяйственного использования природных ресурсов	Не используются	Изменение специализации хозяйственной деятельности
Подрод	Вид хозяйственной деятельности	Не используются	Изменение структуры земельных площадей
Группа видов	Литология поверхностных отложений	Не используются	Смена литологических разностей
Вид	Мезоформы рельефа	Вид почв, группы растительных ассоциаций	Изменение типа мезорельефа

В качестве критериев обособления следующих по рангу единиц классификации (родов и подродов) использованы направленность и виды хозяйственной деятельности в пределах ландшафтных контуров. Основанием для их определения служат количественные показатели, отражающие структуру земельных угодий. Различаются сельскохозяйственные, сельскохозяйственно-лесные, лесные, рекреационные, природоохранные ландшафты.

Следующие единицы классификации – группа видов и вид (табл. 2). Поскольку все современные ландшафты в сущности – природно-антропогенные комплексы, правомерно совмещение критериев выделения единиц низших классификационных рангов для природных и природно-антропогенных ландшафтов. Основными их признаками являются литология четвертичных отложений и мезоформы рельефа, дополнительными – виды почв, группы естественных растительных ассоциаций. Данные категории отражают природные предпосылки развития того или иного вида хозяйственной деятельности в пределах рассматриваемых ПТК. Каждому из подродов природно-антропогенных ландшафтов свойствен свой спектр наиболее типичных групп видов. Так, пахотные комплексы формируются, как правило, на пологоволнистых и мелкохолмистых участках с дерново-подзолистыми почвами, подстилаемыми моренными и лессовыми супесчано-суглинистыми отложениями. Лесохозяйственные угодья занимают крупнохолмистые или плоские территории с дерново-подзолистыми почвами на песчаных отложениях. Луговые комплексы тяготеют к плоским поймам с дерновыми и дерновыми заболоченными почвами на аллювиальных отложениях. В то же время группы видов и виды природно-антропогенных ландшафтов являются непосредственным объектом воздействия техногенных факторов.

Выбор оценочных критериев геоэкологических условий производится исходя из представления о природной среде как сфере обитания человека и объекте его хозяйственной деятельности. Это предопределяет рассмотрение в качестве ведущих показателей геоэкологических условий состояние трех природных сред: атмосферного воздуха, почв, поверхностных и подземных вод. Для их оценки используются сведения о вещественном составе грунтов, типах почв, растительном покрове, степени суммарного загрязнения почв, изменении уровня грунтовых вод, плотности загрязнения цезием-137 и другие характеристики, полученные путем непосредственных измерений и наблюдений, а также косвенные данные: интенсивность водообмена, защищенность подземных вод, коэффициент освоенности ландшафтов и др. (табл. 3). Комплексный анализ этих сведений позволяет оценить экологическое состояние природной среды, выделив при этом территории с благоприятной, умеренно благоприятной и неблагоприятной геоэкологической обстановкой. Исследования белорусских ученых в пределах Минской городской агломерации свидетельствуют о целесообразности выделения в районах с высокой интенсивностью техногенного воздействия дополнительной оценочной категории геоэкологических условий по техногенным факторам – «крайне неблагоприятные» (табл. 3). Характер экологического состояния природной среды несет на карте главную смысловую нагрузку и отражается цветовым фоном.



Таблица 3

Основные оценочные критерии эколого-геологических условий

Table 3

Basic evaluation criteria of ecological and geological conditions

Экологическая обстановка	Природные условия						Техногенное воздействие								
	Доминирующие ландшафты	Вещественный состав грунтов	Экзогенные процессы		Интенсивность водообмена и класс водной миграции	Защитность грунтовых вод	Почвы	Растительный покров	Тип хозяйственного воздействия	Коэффициент освоения ландшафтов	Модуль техногенной нагрузки, тыс. т/км <sup>2</sup> в год	Химическое загрязнение почв	Устойчивое изменение УГВ, м	Плотность загрязнения цецием-137, Ки/км <sup>2</sup>	Плотность загрязнения цецием-90, Ки/км <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Лессовый и вторично-моренный слабосхол-мленные холмисто-моренно-эрозийный мелко и среднехолмистый	Супеси, суглинки	Плоскостной смыв	Около 5	Средняя, Н, Н-Fe	Защитные, условно защитные	Автоморфные	Широколиственные-еловые зелено-мошно-кисличные и сосновые лишайниково-кустарничковые леса	Лесной, сельскохозяйственный луговой	0,1...0,8	> 1	Ниже ПДК	< 0,5	< 1	< 0,15	
Умеренно-благотропная	Супеси, суглинки, лессы	Линейная эрозия	5...25	Высокая, Н	Условно защитные, слабо защитные	Автоморфные, реже полу-гидроморфные	Широколиственные-сосново-еловые зелено-мошно-кисличные леса	Сельскохозяйственной лесной лесополосовой и пахотно-мелиорированной лесной	0,8...1,5	1...5	1...10 ПДК	0,5...1,5	1...5	0,15...0,5	

Окончание таблицы 3

Ending table 3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Умеренно благоприятная	Холмисто-моренно эрозийно-крупный и грядово-холмистый, лессовый крупно- и средне-холмистый	Супеси, суглинки, лессы	Линейная эрозия	5...25	Высокая, Н	Условно защищенные, слабо защищенные	Автоморфные, реже полугидроморфные	Широколиственно-сенокосно-зелено-мошное кисличные леса	Сельско-хозяйственно-лесной лесополосой и пахотнорованно-лесной	0,8...1,5	1...5	1...10 ПДК	0,5...1,5	1...5	0,15...0,5
Неблагоприятная	Вторичный водноледниковый плоский и пологоволнистый, моренно-зандровый и аллювиальный-террасированный плоский	Пески, торф	Заболочивание, русловая эрозия	> 25	Замеленная, Н, Н-Fe	Слабо защищенные, незащищенные	Полугидроморфные, гидроморфные	Сосновые кустарничко-зелено-мошное леса, злаковые гидро-мезофитные луга, низинные разнотравно-злаково- и гипново-осоковые болота	Сельско-хозяйственный пахотно-мелиорированный, селитбный, горнотехнический	1,5...2,0	5...10	10...32	1,5...3	5...15	0,5...2,0
Крайне неблагоприятная									Селитбный, горнотехнический	> 2,0	> 10	> 32	> 3	> 15	> 2,0

Основным объектом среднemasштабного геоэкологического картографирования являются геоэкологические районы – территории, отличающиеся общностью генезиса, времени образования и однотипным техногенным воздействием [6]. Районы, в свою очередь, подразделяются на геоэкологические подрайоны, объединяющие территории ландшафтов с идентичными природными условиями (мезоформами рельефа, составом почвогрунтов, типами почв), сходной структурой земельных угодий и одинаковым экологическим состоянием природной среды (ПС).

### Заключение

Таким образом, комплексный анализ на основе разработанных оценочных критериев основных природных характеристик каждого из геоэкологических подрайонов позволяет определить степень экологической благоприятности ПС. Экогеоинформация включает также анализ геоэкологических ситуаций – пространственных закономерностей развития неблагоприятных свойств ПС под воздействием техногенных факторов. При этом под геоэкологической ситуацией понимается особое свойство ПС, возникающее в результате техногенных изменений природных характеристик территории и является неблагоприятным (в различной степени) для жизни человека и хозяйственной деятельности. При выявлении геоэкологических ситуаций и разработке мероприятий по их улучшению или предупреждению картографический метод анализа дает возможность с высокой степенью точности передать пространственные особенности экологической обстановки, зависящие от техногенных трансформаций ПС.

### Библиографические ссылки

1. Исаченко А. Г., Шляпников А. Г. Ландшафты. М., 1989.
2. Ковалев А. А., Губин В. Н., Денисов Ю. Ю. Геоэкологическое картографирование. Минск, 1998.
3. Марцинкевич Г. И. Ландшафтоведение. Минск, 2007.
4. Ясовеев М. Г., Шершнев О. В., Андрухович А. И. Основы инженерной геоэкологии. Минск, 2013.
5. Ясовеев М. Г., Андрухович А. И. Оценка основных подходов и методов геоэкологического исследования природно-техногенных систем // Экологический вестник. 2013. № 3 (25). С. 5–13.
6. Ясовеев М. Г., Андрухович А. И. Пространственный анализ геоэкологической устойчивости ландшафтов // Магілёўскі мерыдыян. 2013. Т. 13, № 1–2 (20–21). С. 14–19.

### References

1. Isachenko A. G., Shlyapnikov A. A. [Landscapes]. M., 1989 (in Russ.).
2. Kovalev A. A., Gubin V. N., Denisov Yu. Yu. [Geoeological mapping]. Minsk, 1998 (in Russ.).
3. Marcinkevich G. I. [Landscape science]. Minsk, 2007 (in Russ.).
4. Yasoveev M. G., Shershnev O. V., Andrukovich A. I. [Fundamentals of engineering geoeology]. Minsk, 2013 (in Russ.).
5. Yasoveev M. G., Andrukovich A. I. [Evaluation of the main approaches and methods of geoeological studies of natural – technological systems]. *Ecological Herald*. 2013. No. 3 (25). P. 5–13 (in Russ.).
6. Yasoveev M. G., Andrukovich A. I. [Spatial analysis of geoeological stability of landscapes]. *Magilyovskij meridian*. 2013. B. 13, No.1–2 (20–21). P. 14–19 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 30.11.2018  
Received by editorial board 30.11.2018