



Серыя «У дапамогу педагогу» заснавана ў 1995 годзе

Навукова-метадычны часопіс
Выдаецца з IV квартала 1995 года
Зарэгістраваны ў Міністэрстве інфармацыі Рэспублікі Беларусь
Пасведчанне № 641 ад 04.09.2009 г.
Выдаецца штомесячна з II паўгоддзя 2012 года

Географія

Калегія Рэдакцыйная рада

- галоўны рэдактар,
педагагічных навук, дацэнт

В. С. АНОШКА —
нам. галоўнага рэдактара,
доктар географічных навук, прафесар

Т. К. СЛАУТА — адказны сакратар

І. Р. АМЕЛЬЯНОВІЧ

В. А. АРЦЁМАВА

А. У. БУГАЁВА

Н. М. ГАНУШЧАНКА,

кандыдат гістарычных навук

А. Я. КАВАЛЁВА

А. М. КІСЕЛЬ

Л. А. ЛІСОЎСКІ,

кандыдат педагагічных навук, дацэнт

В. В. НАВАЖЫЛАВА

В. У. ПІКУЛІК

І. М. ПРАКАПОВІЧ

В. У. САРЫЧАВА

І. М. ШАРУХА,

кандыдат педагагічных навук

С. С. ШНУРЭЙ

П. С. ЛОПУХ — старшыня,
доктар географічных навук, прафесар

В. Б. КАДАЦКІ,
доктар географічных навук, прафесар

В. Н. КІСЯЛЁЎ,
доктар географічных навук, прафесар

І. І. ПАЎЛОЎСКІ,
доктар педагагічных навук, прафесар

М. В. РЫЖАКОЎ,
доктар педагагічных навук, прафесар

М. І. ЯСАВЕЕЎ,
доктар геалага-мінералагічных навук,
прафесар

Заснавальнік і выдавец —
РУП «Выдавецтва «Адукацыя і выхаванне»
Міністэрства адукацыі Рэспублікі Беларусь

Вул. Будзённага, 21, 220070, г. Мінск;
тэл.: 297-93-24 (адк. сакратар), 297-93-22 (аддзел маркетынгу),
факс: 297-91-49, e-mail: aiv@aiv.by, <http://www.aiv.by>

7(104)/2014



*А. С. Соколов,
ассистент кафедры экологии
Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины*

ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГЕОСИСТЕМ И ЛАНДШАФТОВ

В современных условиях географ уже не может изучать исключительно природные закономерности структуры и функционирования географической оболочки и её более мелких территориальных подразделений, вплоть до фации. Все природно-территориальные комплексы в той или иной степени оказались изменёнными человеком. Участки относительно ненарушенных ландшафтов стремительно сокращаются, преобладающую часть населённых территорий, особенно в развитых регионах, составляют глубоко преобразованные человеком участки, все характеристики природных компонентов которых далеки от своего естественного состояния. В этих условиях всё реже внимание исследователей направлено на «чисто» природные процессы, изолированные от прямого и косвенного влияния

человека. Предметом исследования географов становятся вопросы, связанные с воздействием человека на географическую среду, изменением её естественных характеристик, разработкой методов её оптимизации, хозяйственного освоения и защиты. Для решения таких задач появлялись сперва отдельные разделы географических наук (например, антропогенное ландшафтоведение), а затем, по мере выхода их за пределы чисто географической проблематики и научного инструментария, возникли уже и новые науки (геоэкология).

Цель настоящей статьи — обзор современного состояния вопроса о сущности антропогенно преобразованных ландшафтов, описание существующих подходов и конкретных методик их изучения, оценки их экологического состояния и его картографирования.

Вопросы терминологии

Для обозначения нарушенных человеком ландшафтов применяются различные термины: «современные ландшафты», «антропогенные ландшафты», «антропогенизированные ландшафты», «природно-антропогенные ландшафты» и некоторые другие, схожие с названными. Определения этих понятий имеют как схожие, так и отличающиеся черты.

Современные ландшафты — это определённые участки земной поверх-

ности, характеризующиеся структурно упорядоченным сочетанием природных и хозяйственных компонентов, которые благодаря тесному взаимодействию образуют относительно целостные, визуально обособленные в пространстве и устойчивые во времени территориальные системы. Современные ландшафты любого размера — это сверхсложные природно-антропогенные территориальные системы, где в границах их относительно

устойчивой природной основы сосуществуют и взаимодействуют две подсистемы — природная и антропогенная [1].

Антропогенными ландшафтами следует считать как заново созданные человеком ландшафты, так и все природные комплексы, в которых коренному изменению под влиянием человека подвергся любой из их компонентов, в том числе и растительность с животным миром [2]. В антропогенных ландшафтах речь идёт не о присутствии следов воздействия человека на комплекс, а о коренной перестройке комплекса, возникновении новой типовой структуры (инварианта) под влиянием человека [3]. (*Инвариант ландшафта* по В. Б. Сочаве, введшему этот термин в географию [4], (от лат. *invariants* — неизменяющийся) — это совокупность присущих ландшафту свойств, которые сохраняются неизменными при преобразовании рассматриваемой категории (вида) ландшафта под влиянием различных воздействий.)

Антропогенизированные ландшафты — все природные комплексы, которые в любой степени затронуты разнообразной человеческой деятельностью [5].

Природно-антропогенные ландшафты — комплексы, сформировавшиеся в результате целенаправленного использования ресурсов природного ландшафта в определённых видах хозяйственной деятельности [6].

Отдельно выделяются комплексы, которые сформировались в результате взаимодействия технических сооружений с природной средой. Действительно, в пределах самых разнообразных природных ландшафтов имеется множество технических сооружений. Каждое из них вступает в сложное взаимодействие с природным окружением, вызывая в нём те или иные изменения в определённой зоне влияния. Образуются системы, функционирующие как единое целое, но состоящие из тесно взаимосвязанных природных и техногенных элементов. Такие комплексы Ф. Н. Мильков называл *ландшафтно-техногенными*, Г. И. Марцинкевич — *техногенными ландшафта-*

ми, а В. С. Преображенский, К. Н. Дьяконов, А. В. Дончева, А. Ю. Ретеюм и другие учёные — *природно-техническими* или *геотехническими системами*. *Геотехническая система* (ГТС) — это любая комбинация технического устройства (или его части) и природного тела любой размерности, технические и природные элементы которой (комбинации) обладают связью и выполняют единую социально-экономическую функцию. Структура ГТС представляет собой совокупность трёх взаимосвязанных компонентов: антропогенного ландшафта, технического сооружения и блока управления [7].

Выделение антропогенных ландшафтов как созданных человеком принципиально новых комплексов подвергается критике со стороны А. Г. Исаченко [8]. Он пишет: *«Практически уже не осталось ландшафтов, которые не испытали бы прямого или косвенного влияния хозяйственной деятельности человека. По этой причине деление ландшафтов на «природные» и «антропогенные» имеет условный, искусственный характер; оно не имеет ни научного, ни практического смысла. Прежде всего невозможно установить ту грань, которая отделяет «природные ландшафты» от «антропогенных». Самое же существенное обстоятельство, можно сказать, фундаментальный факт, состоит в том, что как бы сильно ни был изменён ландшафт человеком, он остаётся частью природы, природной системы, и в нём продолжают действовать природные закономерности».*

Понятно, что сколь глубоко бы не был изменён ландшафт, он не будет полностью изолирован от окружающей его природной среды, с которой он имеет разнообразные связи и обменивается веществом, энергией и информацией. В ландшафт в любом случае будет поступать солнечная радиация, осуществляться круговорот воды, вещества, элементов, действовать различные силы, все эти процессы происходят в соответствии с теми же закономерностями, что и в нетронutom ландшафте.

Аналогичную точку зрения высказывает В. Б. Сочава: «*Структура геосистем в очень многих случаях изменена в соответствующей степени в результате планированной или стихийной деятельности со стороны человека. Какими бы ни были эти изменения, геосистема как целое всегда остаётся категорией естественного порядка, так как её инвариант составляют природные объекты*» [4]. С этим согласны и белорусские ландшафтоведы: «*Человек на нынешнем этапе не в состоянии внести такие изменения в окружающую его природную среду, которые создали бы качественно новые пространственные (внутренние и внешние) связи в ландшафтных геосистемах и сформировали бы природные комплексы, которые в генетическом смысле отличались бы от естественных комплексов*» [5].

Таким образом, можно говорить, что в результате человеческой деятельно-

сти появилось множество *модификаций* первичных геосистем. Все они являются производными от того или иного природного инварианта. Каждый природный инвариант может быть представлен разнообразными модификациями, происходящими из одного корня под влиянием распашки, выпаса скоты, застройки, промышленного загрязнения, мелиорации и других воздействий. Все эти модификации представляют собой то более, то менее устойчивые, но обычно временные состояния, которые можно рассматривать как своего рода сукцессионные стадии процесса или восстановления первичной геосистемы [8]. Таким образом, любая достаточно крупная территории представляет собой мозаику модификаций, непрерывно меняющихся в зависимости от вида антропогенного воздействия и находящихся на разных стадиях трансформации или восстановления.

Классификации антропогенно изменённых ландшафтов

Огромное многообразие проявлений антропогенных воздействий на ландшафты обуславливает необходимость классификации трансформированных хозяйственной деятельностью ландшафтов. Существует большое количество таких классификаций по различным основаниям. Так, ландшафты классифицируются по типу источника антропогенного воздействия (например, сельское хозяйство, промышленность и т. д.), по географическим компонентам или отдельным природным процессам, которые являются непосредственными реципиентами тех или иных воздействий, по глубине преобразования, по целенаправленности воздействия.

А. Г. Исаченко по степени трансформации делит все ландшафты на четыре группы по глубине и характеру произошедших изменений [9]:

1. Условно неизменённые (первобытные) ландшафты, не подвергшиеся непосредственному хозяйственному использованию и воздействию, в которых можно обнаружить лишь слабые следы косвен-

ного воздействия (например, осажение техногенных выбросов из атмосферы в Антарктиде, Арктике и высокогорьях).

2. Слабоизменённые ландшафты, подвергающиеся преимущественно экстенсивному хозяйственному воздействию (охота, рыбная ловля, выборочная рубка леса), которое частично затронуло лишь отдельные вторичные компоненты, но основные природные связи не нарушены и изменения имеют преимущественно обратимый характер. К ним автор относит некоторые тундровые, таёжные, пустынные, экваториальные, а также горные ландшафты, которые ещё не вовлечены в активный хозяйственный оборот.

3. Нарушенные (сильно изменённые) ландшафты, которые подверглись интенсивному преднамеренному или непреднамеренному воздействию, затронувшему многие компоненты, что привело к существенному нарушению структуры, часто необратимому и неблагоприятному с точки зрения интересов общества, к развитию таких процессов, как обезлесивание, вторичная эрозия и дефляция,

загрязнение вод, почв и атмосферы и т. д. Ландшафты этой группы широко распространены в разных зонах.

4. Культурные ландшафты, в которых структура рационально изменена и оптимизирована на научной основе в интересах общества. В настоящее время, как отмечает автор, можно говорить лишь о редких фрагментах подобных ландшафтов.

По целенаправленности воздействий выделяют [7]:

- целенаправленные антропогенные ландшафты прямого воздействия — это антропогенные ландшафты, возникающие в результате целенаправленного запланированного воздействия на природную среду и выполняющие какую-либо хозяйственную функцию;
- сопутствующие антропогенные ландшафты прямого воздействия — это антропогенные ландшафты, возникшие в результате незапланированного вынужденного воздействия на природную среду и не выполняющие никаких хозяйственных функций;
- сопутствующие антропогенные ландшафты косвенного воздействия — это антропогенные ландшафты, возникшие в результате активизированных человеком неблагоприятных природных процессов;
- аварийные антропогенные ландшафты — это антропогенные ландшафты, возникшие в результате техногенных аварий.

Коллектив авторов МГУ им. М. В. Ломоносова [1] в зависимости от степени изменения выделяет две группы современных ландшафтов — условно-коренные и природно-антропогенные. Последние подразделяются на вторично-производные ландшафты, антропогенные модификации и техногенные комплексы. *Условно-коренными* являются ландшафты, соответствующие основному зональному типу, практически не испытывавшие воздействие хозяйственной деятельности либо подверженные локаль-

ным эпизодическим воздействиям, не вызывающим в них качественных изменений. К ним авторы относят ландшафты ледовых и некоторых аридных пустынь, высокогорных районов, отдельных участков дождевых лесов, частично таёжные и тундровые ландшафты.

Под *вторично-производными* ландшафтами авторы понимают природно-антропогенные ландшафты, возникшие на месте коренных в результате определённых видов хозяйственной деятельности, но существующие относительно устойчиво (десятки, сотни лет) за счёт процессов природной самоорганизации, т. е. без ощутимого современного управляющего воздействия человека. К этой категории относятся средиземноморские ландшафты жестколистных кустарников, саванновые редколесья влажных тропиков, дигрессионные сухостепные ландшафты в зоне суббореальных лесостепей, ландшафты мелколиственных лесов в тайге и т. д.

К *антропогенным модификациям* ландшафтов относятся современные ландшафты, преобразованные в результате хозяйственной деятельности, природные компоненты которых в большей или меньшей степени видоизменены целенаправленным антропогенным воздействием. Они сформировались на обширных пространствах освоенных регионов земного шара — пашни, плантация, лесопосадки, пастбища и т. д.

Техногенные комплексы являются наиболее преобразованными природно-территориальными системами. К ним относят водохранилища, антропогенные озёра, карьеры, селитебные ландшафты и др.

Б. В. Виноградов [10], называя объекты изучения «антропоизированными экосистемами» (АЭС), предлагает следующую их классификацию (табл. 1). Все АЭС он делит на шесть секций (I—VI), внутри которых выделяются классы АЭС (A—Z). Секция полуприродных АЭС объединяет экосистемы, в которых нарушена главным образом биота; секция трансформированных АЭС объединяет экосистемы, в которых нарушена биота и часть консервативных компо-

нентов (почва, грунты, водный режим); секция экотехнических АЭС (собственно антропоизированных экосистем) состоит из экосистем, куда входят абиогенные техногенные компоненты, процесс обмена веществ и энергии в которых не имеет аналогов в природе; серия парагенетических АЭС объединяет экосистемы, существование которых обусловлено влиянием одних экосистем на другие (соседние) посредством природных связей; серия постантропогенных

(вторично-антропоизированных) АЭС объединяет экосистемы ранее антропоизированные, но позднее подвергшиеся влиянию вторично активированных неблагоприятных, порождённых человеком процессов; серия природоохранных (квазиприродных природоохранных) АЭС объединяет экосистемы охраняемых территорий, естественное функционирование которых нарушено вследствие значительного или полного исключения влияния человека.

Таблица 1 — Генетическая классификация антропоизированных экосистем (по [10])

Секция АЭС	Классы АЭС	
I. Полуприродные	A. Пастбищные	D. Сенокосные
	B. Вырубочные	E. Рекреационные
	C. Гаревые	
II. Трансформированные	F. Полевые	H. Фитомелиоративные
	G. Плантационные	J. Гидромелиоративные
III. Экотехнические	K. Селитебные	N. Гидростроительные
	L. Промышленные	P. Дорожно-линейные
	M. Выработочно-отвальные	
IV. Парагенетические	R. Воздушно-загрязнённые	T. Парагидролитические
	S. Водно-загрязнённые	U. Парагеохимические
V. Постантропогенные	V. Вторично-геоморфологические	X. Вторично-геохимические
	W. Вторично-гидрологические	Y. Вторично-биотические
VI. Природоохранные	Z. Заповедные	

Ф. Н. Мильков [11] все антропогенные ландшафты подразделяет на классы, подклассы и типы. Классы он выделяет по роду деятельности человека, всего 8 классов, которые могут делиться на подклассы: *селитебные* (подклассы городские и сельские), *промышленные* (промышленно-добывающие и промышленно-обрабатывающие), *сельскохозяйственные* (полевой, лугово-пастбищный, садовый, садово-полевой), *дорожные* (подклассы выделяются по типам дорог), *водные* (водохранилища, пруды, каналы, колодца), *лесные* (условно-естественные, *вторичные* (производные), *лесокультурные*, *рекреационные*, *беллигеративные* (ландшафты военных действий). Подклассы делятся на зонально-поясные типы. При наличии общих черт одни и те же подклассы ландшафтов существенно меняются при перехо-

де из одной ландшафтной зоны в другую. Зонально-поясные типы антропогенных ландшафтов в своём распространении в основном повторяют зонально-поясную географию естественных ландшафтов.

В этой классификации существенным недостатком является неопределённость пространственного объёма понятия «антропогенный ландшафт», к этой категории могут относиться объекты совершенно различной размерности — от отдельного колодца или дороги до полей и населённых пунктов. По мнению А. Г. Исаченко [8], то, что здесь называется антропогенными ландшафтами, является лишь различными проявлениями человеческой деятельности в ландшафте, которые делятся на две группы: 1) типы использования земель или угодья (поля и плантации, пастбища, сады и т. д.) и 2) инженерные сооружения и их ком-

плексы (дома, дороги, плотины, водохранилища и т. д.). От того, считает А. Г. Исаченко, что к каждому из них мы добавим слово «ландшафт», т. е. переименуем населённые пункты в селитебные ландшафты, или, скажем, поле гороха в «гороховый ландшафт», ни наука, ни практика ничего не выиграют.

В классификации природно-антропогенных ландшафтов (ПАЛ) Г. И. Марцинкевич [6], выполненной для территории Беларуси, ПАЛ группируются в классы, подклассы и роды. Высшая единица классификации — класс ПАЛ — выделяется по направленности хозяйственной деятельности человека в определённых отраслях народного хозяйства. В каждом классе сформировалась определённая структура земельных угодий, количественные соотношения которых положены в основу выделения подклассов ПАЛ. Выделены следующие классы:

- сельскохозяйственные (подклассы — пахотные, пахотно-культурно-сенокосные, лугово-пахотные, пастбищно-лугово-болотные, сенокосно-пастбищные);
- сельскохозяйственно-лесные (подклассы — лесопольные, сенокосно-лесопольные, пахотно-лесные);

- лесные (подклассы — лесохозяйственные и лесоболотные);
- рекреационные (подклассы — лесопольно-рекреационные, лесоводно-рекреационные, пахотно-водно-рекреационные, лесорекреационные, лесолугово-рекреационные);
- охраняемые (подклассы — заповедные, заповедно-рекреационные, ограниченно охраняемые).

Самая дробная единица классификации — род ПАЛ — обособлена с учётом вида хозяйственной деятельности в пределах того или иного природного комплекса в ранге рода. В результате выделено множество родов ПАЛ, примерами которых являются пахотные холмисто-моренно-эрозионные, лугово-пахотные вторичные водно-ледниковые, лесопольные моренно-зандровые, пахотно-культурно-сенокосные болотные.

Также можно отметить классификацию Д. М. Марьянских [12], разработанную для ландшафтов в зоне влияния Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения и отражающая весь спектр антропогенных преобразования ландшафтов на данной территории (табл. 2).

Таблица 2 — Классификация антропогенных ландшафтов территории Уренгойского НГКМ

Классы антропогенных ландшафтов	Типы антропогенных ландшафтов	Типы антропогенной местности
1	2	3
Промышленный	Газонефтепромысловый	1) поисково-разведочный; 2) эксплуатационный; 3) подготовки и переработки нефти и газа; 4) инфраструктурный; 5) детериорационный; 6) аварийный
	Линейно-транспортный	1) трубопроводный; 2) дорожный; 3) полимагистральный; 4) транспортно-авиационный
	Карьерный <i>Подтипы:</i> <i>А. Песчано-карьерный</i> <i>Б. Торфяно-карьерный</i>	1) монокотлованный; 2) мелкокопанковый; 3) гидроэкскавационный; 4) пострекультивационный

1	2	3
Дигрессионно-лесной	Вырубочно-дигрессионный	Лентово-вырубочный
	Аквально-дигрессионный	1) подпрудно-дигрессионный; 2) галодигрессионный
	Пирогенно-дигрессионный	1) верховых пожаров; 2) низовых пожаров
Дигрессионно-болотный	Деструкционно-болотный	торфяно-пустошный
	Гидроаккумулятивно-болотный	1) подпрудовый; 2) сбросовый
Сельскохозяйственный	Тундрово-пастбищный	1) тундрово-пастбищный плакорный; 2) тундрово-пастбищный террасовый; 3) тундрово-пастбищный долинный
	Агропромышленный	Тепличный
Селитебный подклассы		
Городской	Жилой	
	Промышленный	
Сельский		
Утилизационный		1) утилизационно-селитебный; 2) утилизационно-промышленный

Кроме названных существует весьма большое количество классификаций изменённых человеком ландшафтов и других авторов — универсальных, кон-

кретных территорий, для определённых видов воздействия, по различным основаниям и т. д.

Выбор оцениваемых единиц и их таксономического уровня

Первой задачей при оценивании и картографировании экологического состояния территории является решение вопроса о том, какие территориальные единицы будут выступать непосредственным объектом оценки и отображаться на карте. Варианты решения этой задачи могут быть следующими.

1. Ландшафтно-географические комплексы — ландшафты и их морфологические части, ландшафтные районы, провинции, страны и т. д. (рис. 1). Этот подход в наибольшей степени отвечает задачам экологического картографирования, так как понятия трансформированности и устойчивости ландшафта вторичны по отношению к самому ландшафту; их характеристика возможна только в пределах некоторой пространственной общности, образованной сочетанием и взаимодействием геокомпонентов. Именно природная основа любого отдельного современного ландшафта, по мнению ряда авторов

[1], должна рассматриваться как безусловный базис конкретной хозяйственной деятельности, ибо именно природная подсистема обладает той подвижно-равновесной структурой, в которую ради реализации оптимального природопользования должны «вписываться» и «встраиваться» хозяйственные структуры и процессы. Непонимание или игнорирование этого принципа природопользования — главная причина всех локальных и региональных экологических проблем.

Ландшафтная дифференциация территории определяет спектр видов антропогенной нагрузки и характерные направления изменения природной среды [13]. А. Г. Исаченко [8] указывает на очень чёткую связь плотности населения и сельского, и городского как с типами и подтипами ландшафтов, так и с ландшафтными секторами.

Ландшафтная структура любой территории является результатом её дли-

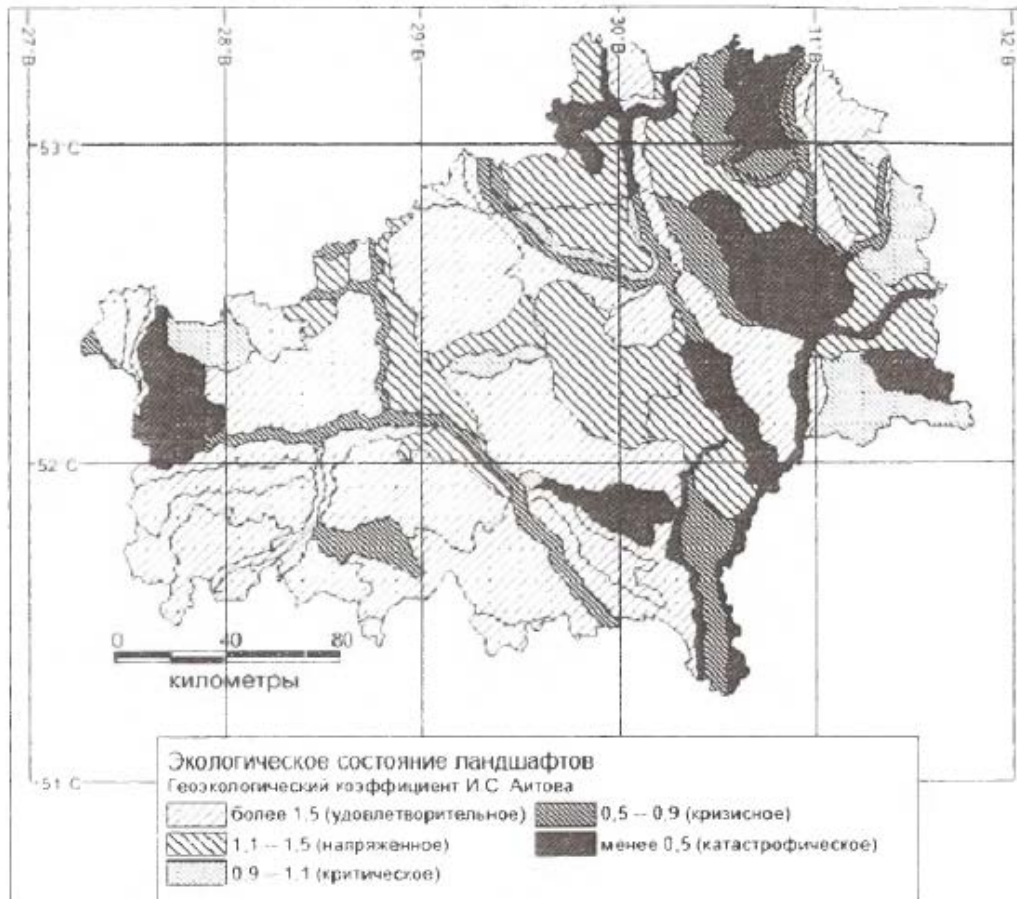


Рисунок 1 — Экологическое состояние ландшафтов Гомельской области по величине геоэкологического коэффициента

тельного исторического и пространственного развития, в процессе которого природные компоненты различного генезиса, сочетаясь между собой, образовывали природно-территориальные комплексы, связанные между собой в иерархическую структуру. Каждый ПТК обладает, таким образом, индивидуальными характеристиками, обусловленными характеристиками его компонентов и элементов, которые предопределяют возможности хозяйственного использования, продуктивность, устойчивость и другие эмерджентные свойства. Это влечёт за собой то, что особенности антропогенного воздействия и антропогенной трансформации природной среды также в значительной степени обусловлены природными

свойствами конкретных ПТК, являющихся объектом такого воздействия.

Следовательно, пространственный анализ экологических ситуаций, нагрузки на природную среду, её нарушенности и других геоэкологических характеристик должен осуществляться по естественным территориальным подразделениям — геосистемам любого ранга.

Таким образом, универсальным для территориального эколого-географического анализа является геосистемный, или ландшафтно-географический, подход, состоящий в опоре на ландшафтную структуру территории. Этот подход обеспечивает привязку экологических проблем к конкретным, объективно существующим территориальным подраз-

делениям среды обитания человечества и сопоставимость результатов проводимых исследований [14]. Его преимуществом является учёт природных факторов (например, устойчивость геосистем, другие его свойства, особенности миграции загрязнителей и др.), зависящих от свойств геосистем, недостатком — отсутствие статистической информации по ландшафтным подразделениям (она обычно собирается по административным единицам), а также тот факт, что выбор определённого (т. е. единственного из бесконечно многих) природного рубежа в качестве границы ландшафтов — волевой акт и ввиду этого неизбежно субъективен [15; 16].

Классификация ландшафтов, отражающая ландшафтную иерархию территорий, может служить основой выделения операционных единиц геоэкологического анализа на разных иерархических уровнях организации природной среды.

2. Речные бассейны. В современной геоэкологии и географии всё больший интерес вызывает изучение природной среды не по ландшафтным единицам, а по речным бассейнам. Каждый такой бассейн рассматривается как геосистема, ограниченная естественным рубежом — водоразделом, в пределах которой происходят относительно изолированные процессы перемещения энергии и вещества, химических элементов, формируется почвенный покров и биота, развиваются геологические, геоэкологические и другие процессы, происходит хозяйственная деятельность человека, оказывающая прямое и косвенное воздействие на природную среду. Бассейны рек различных порядков представляют собой естественную систему иерархически соподчинённых геосистем и в этом качестве могут подвергаться изучению, оценке и картографированию.

Основоположником бассейнового подхода считается английский учёный Р. Хортон, который в 1948 г. опубликовал книгу «Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов», в которой речные бассейны характеризуются как «эрозионные комплексы». К настоящему времени бассейновый подход стал

одним из важных научных направлений. Из географии он внедрился в почвоведение, экологию, геологию, геоморфологию и другие смежные науки. Он разделился на несколько ветвей: геоморфологическую, геологическую, геосистемную, которые развиваются относительно самостоятельно. В последнее время бассейновый подход вышел за рамки лишь физической географии — появляются предложения о применении бассейнового подхода и в других отраслях науки и практики, например, Л. М. Корытный [17] предлагает использовать его для создания новой системы административно-территориального деления России. Он указывает, что речной бассейн представляет собой пространственную единицу биосферы, наиболее перспективную для многоаспектного изучения природы и экономики планеты, а также для управления окружающей средой [18]. Поэтому бассейновый подход целиком оправдан при изучении естественных и антропогенных процессов, оценке экологического состояния территорий, проведении мониторинга природной среды и разработки природоохранных мероприятий.

3. Единицы административно-территориального, хозяйственного и природно-хозяйственного, политического деления (рис. 2). Главным достоинством такого подхода является возможность использования в качестве исходных данных материалы официальной статистики и лёгкость отражения их на картах. Среди подобных карт традиционно многочисленны картограммы и картодиаграммы. Несмотря на то, что они скрывают неоднородность распространения явлений внутри территориальных единиц и не позволяют передать истинной картины их размещения, их широкое применение объясняется как удобством и высокой оперативностью составления, так и доступностью большинства современных статистических показателей, учитываемых по анализируемым административно-территориальным единицам. К тому же картограммам обычно свойственна двойная дискретность [19]: первая — плановая, заключается в «яче-

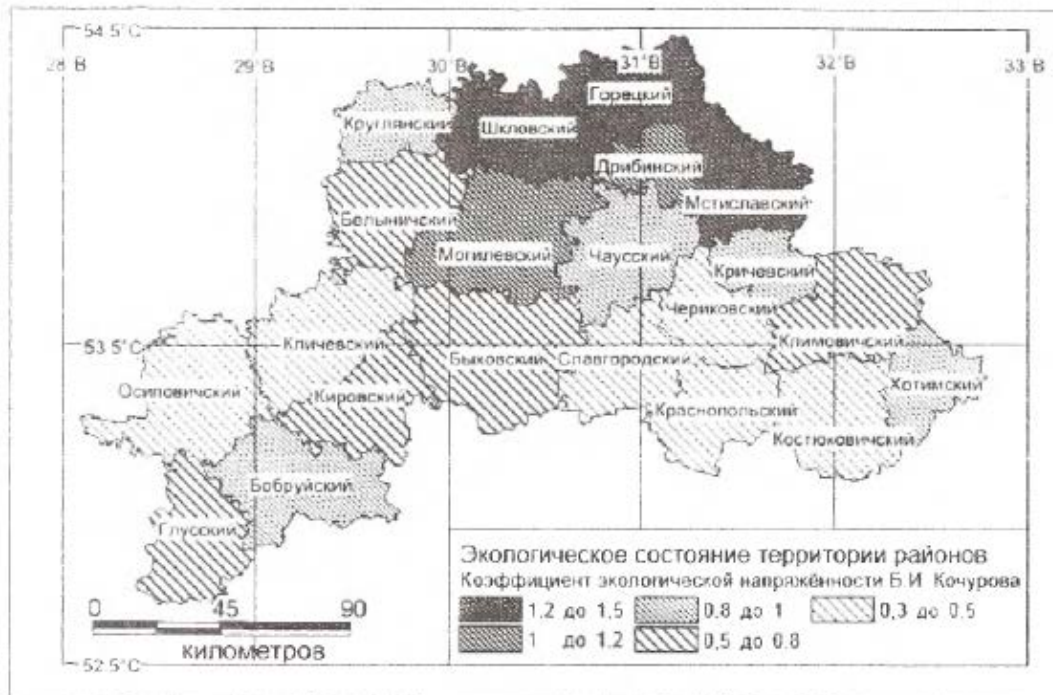


Рисунок 2 — Экологическое состояние территории Могилёвской области (в разрезе административных районов) по величине K_0

истости» изображаемой территории, чёткости границ между территориальными ячейками, вторая — высотная, выражается в том, что количественные показатели представлены обычно в ступенчатой шкале. Основным недостатком является то, что административные регионы не отражают природную дифференциацию ландшафтов, средние и суммарные показатели затушёвывают различия внутри единиц районирования и создают иллюзию контрастов на их границах, что географически некорректно [15].

4. Ячейки геометрически правильной сетки. Устаревший способ картографирования, не лишённый множества недостатков. Находит применение главным образом при построении частных карт, характеризующих состояние компонентов среды по отдельным ингредиентам. Данный подход получил распространение в связи с тем, что ограниченные возможности компьютеров первых поколений не позволяли использовать полноценную картографическую основу [15].

5. Отсутствие территориальных единиц картографирования. Воздействие на природную среду и её трансформация показывается способами изолиний, псевдоизолиний, ареалов.

Способ псевдоизолиний применяется для картографирования дискретных явлений, лишённых непрерывности и постепенности изменений, с целью наглядного воспроизведения их плотности (например, населения) или интенсивности (например, процента земель под пашней, уровня нарушения природных комплексов, «промышленный рельеф» — плотность объектов индустрии на единицу площади). В этом случае используются показатели (например, средней плотности населения, коэффициентов, отражающих структуру природопользования), относящиеся не к определённым точкам, а к площадям клеток какого-либо территориального деления (например, административного) или регулярной геометрической сетки (например, квадратной или гексагональной), либо другим целе-

сообразно выбранным территориальным ячейкам постоянного размера. Для построения изолиний величины показателя относят к геометрическим центрам клеток либо к точкам, выбираемым с учётом особенностей размещения явления в пределах каждой площади (в «центрах тяжести») [20], их всегда проводят на основе интерполяции этих расчётных статистических показателей. Для таких явлений теряет силу предположение о постепенном изменении показателя, лежащее в основе построения изолиний. Но применение изолиний «не по назначению», в разрез с их континуальной природой, удобно и в том отношении, что облегчает зрительное сопоставление взаимосвязанных рассеянных явлений между собой и с непрерывными явлениями [20].

Несомненная привлекательность псевдоизолиний состоит в том, что с их помощью создаётся очень удобная графоматематическая абстракция географических распределений, позволяющая от-

влекаться от малосущественных свойств и деталей картографируемого объекта и выявить главные закономерности его изменения в пространстве. К тому же этот способ обладает высокой метричностью.

Однако необходимо помнить о принципиальном различии между изолиниями и псевдоизолиниями. Последние отражают не реальные, а искусственные, абстрактные поля. При изменении плотности данных или способа расчёта такие искусственные поля претерпевают сильные изменения. Поэтому на картах желательнее указывать способ расчёта исходных данных, по которым построены псевдоизолинии.

Следующим этапом является выбор иерархического уровня геосистем, которые будут непосредственным объектом исследования (табл. 3), в системе соответствующей таксономической иерархии. Он зависит от целей исследования, размера территории и определяет выбор методики исследования.

Таблица 3 — Таксономические уровни различных типов геосистем

Таксономический уровень	Ландшафтно-географические комплексы	Речные бассейны	Политико-административные единицы
Макроуровень	Физико-географические страны, природные зоны и подзоны, континенты и субконтиненты	Бассейны рек первого порядка, бассейны морей и океанов	Государства, историко-географические и политико-географические регионы
Мезоуровень	Ландшафтные районы, округа, провинции	Бассейны средних и крупных рек	Области, экономические районы
Микроуровень	Фации, урочища, местности, ландшафты	Балочные водосборы, бассейны малых рек	Муниципальные образования, городские районы, административные районы

Универсальный перечень критериев для экологической оценки геосистем вряд ли можно установить: набор их зависит от уровня исследования и своеобразия изучаемой территории [14]. Так, к примеру, критерием оценки экологического состояния фаций могут быть в основном геоботанические критерии, определяемые в ходе полевых исследований. Сравнение полученных показателей фитоценоза с существующими шкалами (например, [21]) позволяет оценить степень их антропогенной трансформации. Для урочищ та-

ким критерием может быть соотношение фаций различной степени нарушенности, для геосистем мезоуровня в зависимости от конкретного размера — соотношение земель различного вида использования, плотность населения, данные о загрязнении территории выбросами и сбросами промышленных предприятий и т. д. Для геосистем высокого иерархического ранга — плотность населения, уровень заболеваемости, данные о промышленных и сельскохозяйственных загрязнениях, хозяйственная освоенность и т. п.

Методы оценки экологического состояния

Анализ современного экологического состояния геосистем, оценка их экологического потенциала, исследование антропогенных нагрузок — этим закладывается фундамент для последующих конструктивных эколого-географических разработок. Но не следует пренебрегать любыми, пусть пока ещё неполными, несовершенными или косвенными показателями, дающими возможность для начала хотя бы ориентировочно сопоставлять и оценивать геосистемы в различных экологических аспектах. Например, «подбирая ключи» к нерешённой проблеме измерения и оценки антропогенных нагрузок на геосистемы на региональном уровне, полезно использовать такие заведомо приближенные и косвенные, но в значительной мере интегральные и универсальные показатели, как плотность населения (общая и отдельно городского и сельского), сельскохозяйственная освоенность, доля обрабатываемых земель в общей площади (распаханность). Для оценки итогов многолетних антропогенных воздействий, проявившихся в современной структуре ландшафтов, показатель соотношения площадей различных антропогенных модификаций урочищ в общей площади ландшафта [14].

Основными показателями, предлагаемыми различными авторами для оценки этой нагрузки и трансформации ландшафта, являются:

- плотность населения;
- соотношение различных видов использования земель;
- локальные ареалы экологических проблем;
- интегральная оценка по совокупности разнокачественных показателей.

1. Плотность населения. Понятие антропогенной нагрузки приложимо к геосистемам любого уровня, которые нередко подвергаются однородному воздействию с однородной интенсивностью на всём пространстве отдельных морфоло-

гических подразделений ландшафта. Таковы, например, урочища, практически полностью используемые под богарные или орошаемые пахотные земли, кормовые или рекреационные угодья. Но ландшафты и региональные системы более высоких уровней, как правило, одновременно подвергаются многообразным антропогенным нагрузкам, сложно сочетающимся во времени и пространстве. В этих случаях возникает проблема оценки интегральной нагрузки, которая не может основываться на каком-либо едином натуральном показателе. Выход может быть найден в использовании косвенного показателя, имеющего наибольшее интегральное значение. Эмпирически было установлено, что таким показателем может служить общая плотность населения. С изменением плотности населения, как правило, согласуются уровень освоенности территории, интенсивность хозяйственной деятельности и антропогенного воздействия на ландшафты. Увеличение населённости влечёт за собой рост потребления различных природных ресурсов (в том числе водных, рекреационных, местных пищевых), увеличение автомобильного парка, количества коммунально-бытовых отходов, не говоря уже об отходах производств, в которых занята активная часть населения [22].

Для оценки степени нарушенности (освоенности) Б. В. Кочуров [23] рекомендует следующие уровни градации данного показателя:

- территории с плотностью населения менее 1 чел./кв. км (малоосвоенные земли с преобладанием естественных ландшафтов);
- территории с плотностью населения 1—200 чел./кв. км (земли со средней интенсивностью использования, при преобладании одного вида использования);
- территории с плотностью 200—1000 чел./кв. км (интенсивно освоенные земли, с преобладанием антропогенных ландшафтов);

- территории с плотностью населения более 1000 чел./кв. км (преимущественно урбанизированные ландшафты).

Данная шкала не является единственно возможной, для каждого конкретного случая допустимо её уточнение в зависимости от величины изучаемой территории, непосредственных единиц оценивания, степени неоднородности распределения населения по территории и др.

2. Соотношение различных видов использования земель. Источниками информации о структуре землепользования территорий могут являться:

- Государственный земельный кадастр [24], содержащий информацию по площади всех категорий земель по административным районам (площади лесов, лугов, сельскохозяйственных земель, пастбищ, пашни, застроенных, под дорогами и коммуникациями, осушаемых и орошаемых и т. д.);
- топографические карты;
- данные дистанционного зондирования земли (аэро- и космоснимки), доступные бесплатно и в высоком разрешении на различных интернет-серверах; наиболее оптимальным вариантом, по мнению автора, является получение космических снимков с помощью программы SAS.Planet (бесплатно можно скачать по адресу <http://sasgis.org/download>);
- генеральные планы, схемы территориального планирования территорий сельсоветов и другие документы, отражающие использование земель конкретных территорий.

По этим источникам возможно определить набор видов землепользования на любой территории и определить площади, занятые каждым из этих видов. Полученные данные лягут в основу определения численного значения антропогенной преобразованности или экологического состояния ландшафта путём вычисления коэффициентов, основные из которых описаны ниже.

Геоэкологический коэффициент рассчитывается по формуле [25]:

$$K_e = \frac{C_p}{C_d},$$

где C_p — % площади ненарушенных (коренных) геосистем на той или иной территории, в ландшафтном районе, ландшафте; C_d — % предельно допустимой площади ненарушенных (коренных) геосистем. На основе имеющихся экспертных оценок [26; 27] предельно допустимая площадь естественных геосистем (C_d) в зонах арктических пустынь и тундр составляет 98 %, в северной половине тайги и горных районах — 80 %, в зоне южной тайги — 50 %, в зоне широколиственных лесов и лесостепи — 30 %, в зоне степей — 35 %. По значениям K_e оценивается состояние ландшафта в следующих градациях: удовлетворительное — более 1,5; напряжённое — 1,1—1,5; критическое — 0,9—1,1; кризисное — 0,5—0,9; катастрофическое — менее 0,50 (рисунок 1).

Коэффициент антропогенной преобразованности П. И. Шищенко [28] позволяет определить степень антропогенной преобразованности ландшафта по следующей методике. Каждый вид природопользования имеет свой ранг преобразованности (r): охраняемые территории — 1; леса — 2; болота и заболоченные земли — 3; луга — 4; сады — 5; пашня — 6; сельскохозяйственная застройка — 7; городская застройка — 8; водохранилища, каналы — 9; земли промышленного использования — 10. Экспертным методом устанавливается вес каждого вида природопользования в суммарной преобразованности региона. Принят индекс глубины преобразованности (g): охраняемые территории — 1; леса — 1,05; болота, заболоченные земли — 1,1; луга — 1,15; сады, виноградники — 1,2; пашня — 1,25; сельскохозяйственные застройки — 1,3; городские застройки — 1,35; водохранилища — 1,4; земли промышленного использования — 1,5.

Учитывая эти величины, коэффициент антропогенной преобразованности вычисляется по формуле:

$$K_{ан} = \frac{\sum_{i=1}^n r_i \cdot p_i \cdot q_i}{100},$$

где r_i — ранг антропогенной преобразованности ландшафта i -го вида природопользования; p_i — площадь территории с данным рангом преобразованности (% от всей территории); q_i — индекс глубины преобразованности ландшафта. Исходя из значений $K_{ан}$ выделяют 5 степеней изменённости ландшафтов: очень слабоизменённые ($K_{ан} = 2,00—3,80$); слабоизменённые ($3,81—5,30$); среднеизменённые ($5,31—6,50$); сильноизменённые ($6,51—7,50$); очень сильноизменённые (более $7,51$).

Коэффициент экологической стабильности рассчитывается по формуле:

$$K_c = \sum_{i=1}^n s_i \cdot k_i \cdot g,$$

где s_i — удельная площадь вида землепользования; k_i — экологическая значимость этого вида землепользования (частный коэффициент стабильности); g — коэффициент геолого-геоморфологической устойчивости рельефа. Значения частного коэффициента стабильности стабильных элементов: лиственные леса — 1,0, хвойно-широколиственные леса — 0,63, хвойные леса — 0,38; водоёмы — 0,79; пастбища — 0,68; сенокосные луга — 0,62; многолетние насаждения: сады — 0,43, хмельники — 0,29; лесополосы — 0,38; мало- и нестабильных элементов: пашни — 0,14; земли застройки, под дорогами, деградированные и прочие — 0,00; коэффициент геолого-морфологической устойчивости рельефа может принимать значения 1,0 — стабильный и 0,7 — нестабильный. К нестабильным рельефам отнесены склоны покатые более 20° и сильнопокатые более 40° , а также овраги и балки со сложной фациальной дифференциацией. Стабильность ландшафта оценивают по следующей шкале: K_c менее 0,33 — очень низкая; $K_c = 0,34—50$ — низкая; $K_c = 0,51—0,66$ — средняя; $K_c = 0,67—1$ — высокая.

Индекс относительной экологической напряжённости Кочурова [29] рассчитывается по формуле:

$$K_O = \frac{АН_4 + АН_5 + АН_6}{АН_1 + АН_2 + АН_3},$$

где $АН_1$ — земли с очень низкой антропогенной нагрузкой (природоохранные и неиспользуемые, то есть экологический фонд), $АН_2$ — земли с низкой нагрузкой (сенокосы, леса, используемые ограниченно), $АН_3$ — земли со средней нагрузкой (многолетние насаждения, рекреационные земли), $АН_4$ — земли с высокой нагрузкой (пахотные земли; ареалы интенсивных рубок; пастбища и сенокосы), $АН_5$ — земли с очень высокой нагрузкой (орошаемые и осушаемые земли), $АН_6$ — земли с высшей нагрузкой (земли промышленности, транспорта, городов, посёлков, инфраструктуры) (рис. 2).

Индекс абсолютной экологической напряжённости Кочурова [29]:

$$K_A = \frac{АН_6}{АН_1}.$$

Коэффициент K_A показывает отношение площади сильно нарушенных горными разработками, промышленностью и транспортом земель к площади малотронутых или нетронутых территорий. Это соотношение крайних по своему значению величин должно привлекать к себе особое внимание с целью уравнивания сильных антропогенных воздействий с потенциалом восстановления ландшафта и поддержания на соответствующем уровне необходимой площади заповедников, заказников и других природоохранных территорий. Чем их больше, тем ниже коэффициент K_A и благополучнее складывается состояние окружающей среды.

В целом эколого-хозяйственное состояние территории в наибольшей степени характеризуется коэффициентом K_O , так как при этом охватывается вся рассматриваемая территория. Снижение напряжённости ситуации уменьшает значение коэффициентов, а при K_O , равном или близком к 1,0, напряжённость ЭХС

территории оказывается сбалансированной по степени АН и потенциалу устойчивости природы.

Индекс естественной защищённости Б. И. Кочурова [29]. Каждому антропогенному воздействию или их совокупности соответствует свой предел устойчивости ландшафтов. Эта устойчивость зависит от доли естественных биогеоценозов, природоохранных зон и особо охраняемых территорий и от распределения земель по степени антропогенной нагрузки. Исходя из этого, рассматриваемый индекс вычисляется по формуле:

$$K_{\text{ЕЗ}} = \frac{АН_1 + 0,8 \cdot АН_2 + 0,6 \cdot АН_3 + 0,4 \cdot АН_4}{S},$$

где S — общая площадь территории.

3. Локальные ареалы экологических проблем. При оценке трансформации ландшафтов по локальным ареалам экологических проблем методика исследования следующая [30]. В пределах оцениваемого ландшафта (либо любой другой геосистемы) выделяется набор экологических проблем, проявляющихся на его территории (например, осушение, выпас, химическое загрязнение почв и т. д.). Ареал проявления каждой проблемы оконтуривается. Все категории остроты экологической ситуации оцениваются в баллах (например, от 1 в случае наличия только начальных признаков проявления до 6 в случае наиболее остро, глубокого проявления данной проблемы). Таким образом, исследователь имеет информацию об ареалах, на которых проявляется каждая экологическая проблема и о степени её остроты в каждом ареале. Затем с учётом этих данных вычисляется степень трансформированности всего ландшафта по формуле:

$$T = \sum_{i=1}^n \frac{p_i \cdot s_i}{S},$$

где T — индекс трансформации ландшафта, s — ареал выявления i -ой экологической проблемы, p — степень проявления (в баллах) i -ой экологической проблемы, S — площадь всего ландшафта.

4. Интегральная оценка по совокупности разнокачественных показателей. Источником информации о состоянии окружающей среды в данном случае служат разнообразные статистические и другие показатели, характеризующие как геосистему в целом, так и состояние отдельных её компонентов. Например, в [31] все показатели разделены на 6 блоков (атмосфера, водные ресурсы, почва и земельные ресурсы, лес, животный мир, биоразнообразие). Каждый блок содержит ряд частных критериев, отражающих экологическое состояние соответствующего компонента среды (например, в блок атмосфера входят выбросы от стационарных источников и выбросы от мобильных источников; в блок вода — использование воды и качество воды; в блок почва и земельные ресурсы — состояние земельных ресурсов, распределение земельных ресурсов, отходы и т. д.). Каждый показатель оценивается в натуральных единицах. Следующим этапом является приведение всех этих разнокачественных частных критериев к общему виду.

Для этого необходимо их нормировать, т. е. применить к каждому из них такое преобразование, в результате которого все они будут измеряться в N -балльной (безразмерной) шкале. Для этого используется метод линейного масштабирования, позволяющий отслеживать динамику реального роста/снижения каждого критерия относительно референтных точек (максимальных и минимальных значений критерия — параметров), а также более точно учитывать различия по отдельным критериям при суммировании. Если частный критерий X связан с анализируемым качеством компонента среды монотонно возрастающей зависимостью (т. е. чем больше значение x , тем выше качество), то расчёт нормированного частного критерия \hat{X} производится по формуле:

$$\hat{X} = N \cdot \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}},$$

а если связь отрицательна, то по формуле:

$$\tilde{X} = N \cdot \frac{X_{\max} - X}{X_{\max} - X_{\min}},$$

где X — фактическое значение данного критерия, X_{\max} и X_{\min} — соответственно максимальное и минимальное значение данного критерия, N — количество баллов в шкале.

В результате значение каждого натурального параметра будет приведено к единому виду и выразаться через значение его по N -балльной шкале. Таким образом, возникает возможность сравнения этих показателей между собой, а также нахождения суммы всех показателей, которая и будет отражать экологическое состояние изучаемых территорий. По показателям суммы возможны классификация и картографирование территории по уровню нарушенности.

Такой подход применён, например, в работе Н. В. Гагиной [32], которая для оценки и картографирования антропогенного воздействия на окружающую среду Минской области использовала интегральный показатель, определяемый на основе расчёта балльных значений пяти комплексных показателей (преобразованности территории по Кочурову, техногенной нагрузки, радиоактивного загрязнения, сельскохозяйственной нагрузки, водо- и лесопользования), фактические значения которых переведены в нормировочные баллы и просуммированы. Значения этих показателей для каждого района затем разделены на четыре группы, соответствующие высокому, повышенному, среднему и низкому уровню антропогенной нагрузки, и проведено картографирование районов области.

Список цитированных источников

1. *Методическое руководство по картографированию и оценке современных ландшафтов / Прог. ООН по окр. среде; Комиссия СССР по делу ЮНЕП; МГУ им. М. В. Ломоносова.* — М., 1991. — 37 с.
2. *Мильков, Ф. Н. Человек и ландшафты: очерки антропогенного ландшафтоведения / Ф. Н. Мильков.* — М.: Мысль, 1973. — 224 с.
3. *Мильков, Ф. Н. Учение об антропогенных ландшафтах: вопросы теории, терминологии и преподавания в высшей школе / Ф. Н. Мильков // Вестник ВГУ. Сер. география и геоэкология.* — 2004. — № 1. — С. 19—23.
4. *Сочава, В. Б. Введение в учение о геосистемах / В. Б. Сочава.* — Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1978. — 319 с.
5. *Антропогенизированные ландшафты Белоруссии и Болгарии / О. Ф. Якушко [и др.].* — София: Соф. ун-т, 1982. — 93 с.
6. *Марцинкевич, Г. И. Ландшафтоведение: учебник / Г. И. Марцинкевич.* — Минск: ВГУ, 2007. — 206 с.
7. *Егоров, А. П. Картографический анализ антропогенной нарушенности территории в газопромысловых районах (на примере Уренгойского НГРМ) / А. П. Егоров // Независимый сайт Тюменского эколого-географического факультета.* — Тюмень, 2003. — Режим доступа: <http://supergeograf.narod.ru/statii/statii9.htm>. — Дата доступа: 10.04.2014.
8. *Исаченко, А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование / А. Г. Исаченко.* — М.: Высшая школа, 1991. — 366 с.
9. *Исаченко, А. Г. Теория и методология географической науки / А. Г. Исаченко.* — М.: Академия, 2004. — 400 с.
10. *Виноградов, Б. В. Основы ландшафтной экологии / Б. В. Виноградов.* — М.: ГЕОС, 1998. — 418 с.
11. *Мильков, Ф. Н. Физическая география: учение о ландшафте и географическая зональность / Ф. Н. Мильков / Воронеж: Изд-во ВГУ, 1986.* — 328 с.
12. *Марьинских, Д. М. Ландшафтно-экологический анализ территории Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения / Д. М. Марьинских: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25 00 23 физ. геогр. и биогеогр., геогр. почв и геохимия л-тов.* — Тюмень, 2000. — 20 с.

13. *Шабанов, Д. И.* Геоэкологическая оценка антропогенной трансформации ландшафтов Астраханской области с применением геоинформационных технологий и дистанционного зондирования / Д. И. Шабанов: автореф. дисс. ... канд. геогр. наук; 250036 геоэкология. — Астрахань, 2009. — 25 с.
14. *Исаченко, А. Г.* Введение в экологическую географию / А. Г. Исаченко. — СПб. : Изд-во СПбГУ, 2003. — 192 с.
15. *Стурман, В. И.* Экологическое картографирование: учеб. пособие / В. И. Стурман. — М. : Аспект-Пресс, 2003. — 251 с.
16. *Арманд, Д. Л.* Наука о ландшафте (основы теории и логико-математические методы) / Д. Л. Арманд. — М. : Мысль, 1975. — 288 с.
17. *Корытный, Л. М.* Административно-территориальное деление России: бассейновый вариант / Л. М. Корытный // География и природные ресурсы. — 2006. — № 4. — С. 29—37.
18. *Корытный, Л. М.* Бассейновая концепция в природопользовании / Л. М. Корытный. — Иркутск : Изд-во Института географии СО РАН, 2001. — 163 с.
19. *Червяков, В. А.* Концепция поля в современной картографии / В. А. Червяков. — Новосибирск : Наука. Сиб. отд., 1978. — 150 с.
20. *Салищев, К. А.* Картоведение / К. А. Салищев. — М. : Изд-во МГУ, 1990. — 400 с.
21. *Гусев, А. П.* Информационно-аналитическая система для оценки нарушенности лесных ландшафтов / А. П. Гусев, А. С. Соколов // Вестник Томского государственного университета. — 2008. — № 309. — С. 176—180.
22. *Исаченко, А. Г.* Экологическая география России / А. Г. Исаченко. — СПб. : Изд-во СПбГУ, 2001. — 328 с.
23. *Кочуров, Б. И.* География экологических ситуаций (экодиагностика территорий) / Б. И. Кочуров. — М., 1997. — 131 с.
24. *Государственный земельный кадастр Республики Беларусь (по состоянию на 1 января 2013 года) [Электронный ресурс]* / Гос. ком. по имуществу РБ. — Минск, 2013. — Режим доступа: www.gki.gov.by/upload/new%20structure/press%20service/GZK_2012.doc — Дата доступа: 28.03.2014.
25. *Аитов, И. С.* Геоэкологический анализ для регионального планирования и системной экспертизы территории (на примере Нижневартковского региона) / И. С. Аитов: автореф. дис. ... канд. геогр. наук; 250036 геоэкология. — Барнаул, 2006. — 18 с.
26. *Реймерс, Н. Ф.* Особо охраняемые природные территории / Н. Ф. Реймерс, Ф. Р. Штильмарк. — М. : Мысль, 1978. — 295 с.
27. *Реймерс, Н. Ф.* Охрана природы и окружающей человека среды: словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. — М. : Просвещение, 1992. — 320 с.
28. *Шищенко, П. Г.* Прикладная физическая география / П. Г. Шищенко. — Киев : Вища шк., 1988. — 191 с.
29. *Кочуров, Б. И.* Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории / Б. И. Кочуров. — Смоленск : СГУ, 1999. — 154 с.
30. *Егоренков, Л. И.* Геоэкология: учеб. пособие / Л. И. Егоренков, Б. И. Кочуров. — М. : Финансы и статистика, 2005. — 320 с.
31. *Бакуменко, Л. П.* Интегральная оценка качества и степени экологической устойчивости окружающей среды региона (на примере Республики Марий Эл) / Л. П. Бакуменко, П. А. Коротков // Прикладная эконометрика. — 2008. — № 1. — С. 73—92.
32. *Гагина, Н. В.* Оценка антропогенного воздействия на окружающую среду Минской области / Н. В. Гагина // Вестник ВГУ. Сер. 2. — 2005. — № 2. — С. 88—93.