

УДК 911.9

ПРИМЕНЕНИЕ ИНДИКАТОРОВ И ИНДЕКСОВ В МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ (НА ПРИМЕРЕ СРЕДНЕГОРИЙ ЮЖНОГО УРАЛА)

Хасанова Г.Ф.

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», Уфа,
e-mail: galimakhasanova@gmail.com

В статье представлены результаты моделирования трансформационных процессов с помощью применения математических методов, посредством введения индикаторов и индексов характеристики природных и антропогенных явлений. Выделены основные факторы трансформации ландшафтов среднегогорий Южного Урала: естественный и антропогенный. Индексы естественной трансформации ландшафтов включают следующие индикаторы: изменения среднегодовых климатических показателей (среднегодовая температура, среднегодовое количество осадков), частоты повторения экстремальных погодных явлений, выражающихся в долях от абсолютных сумм осадков и температур; и трансформации групп растительности. Растительность наиболее быстро реагирует на внешние изменения, поэтому исследование ее дает исчерпывающие сведения о геоэкологическом состоянии ландшафтов. Одним из вариантов является определение на ключевых точках количества адвентивных видов к общему числу видов растений. Для выражения данных процессов применяются индикаторы антропогенной трансформации компонентов ландшафтов: качественных показателей лесных насаждений (породный состав древостоя, возрастная структура лесных насаждений, их полнота), индикатор синантропизации растительности. Количественное отображение этих характеристик позволило обнаружить внутриландшафтные различия в геоэкологическом состоянии региона. Полученные данные могут быть применены для обоснования мероприятий по ландшафтному планированию территорий.

Ключевые слова: ландшафт, индикаторы, индексы, трансформация ландшафтов, моделирование, естественная трансформация, антропогенная трансформация

USE OF INDICATORS AND INDICES IN MODELING THE TRANSFORMATION PROCESSES OF NATURAL COMPLEXES (USING THE EXAMPLE OF THE MIDDLE MOUNTAINS OF THE SOUTHERN URALS)

Khasanova G.F.

M. Akmulla Bashkir State Pedagogical University, Ufa, e-mail: galimakhasanova@gmail.com

The article presents the results of modeling transformational processes, using mathematical methods, by introducing indicators and indices of the characteristics of natural and anthropogenic phenomena. The main factors of transformation of landscapes of the middle mountains of the Southern Urals are identified: natural and anthropogenic. The quantitative display of these characteristics made it possible to detect intralandscape differences in the geoeological state of the region. The data obtained can be used to justify landscape planning activities. The article presents the results of modeling transformational processes, using mathematical methods, by introducing indicators and indices of the characteristics of natural and anthropogenic phenomena. The main factors of transformation of landscapes of the middle mountains of the Southern Urals are identified: natural and anthropogenic. Natural landscape transformation indices include the following indicators: changes in average annual climatic indicators (average annual temperature, average annual rainfall), frequency of recurrence of extreme weather events, expressed in fractions of absolute amounts of precipitation and temperatures; and transformations of vegetation groups. Vegetation reacts most quickly to external changes, so its study provides comprehensive information about the geoeological state of landscapes. One option is to determine at key points the number of adventitious species to the total number of plant species. To express anthropogenic transformation of landscape components, indicators were used: qualitative indicators of forest plantations (pedigree composition, age structure of forest plantations, their completeness), synanthropization of vegetation. The quantitative display of these characteristics made it possible to detect intralandscape differences in the geoeological state of the region. The data obtained can be used to justify landscape planning activities.

Keywords: landscape, indicators, indices, transformation of landscapes, modeling, natural transformation, anthropogenic transformation

Исследование изменений в ландшафте и изучение направленности этих процессов является важным этапом оценки геоэкологического состояния природных комплексов. Моделирование процессов, протекающих в природных комплексах, имеет не только научную ценность, но и может быть применено в управлении состоянием компонентов ландшафта: почв, водных объектов, лесо-

покрытых площадей, как важного направления ландшафтного планирования и ландшафтно-планировочных мероприятий.

Цель исследования – разработать и применить качественные и количественные индексы и индикаторы для моделирования процессов трансформации ландшафтов и дальнейшего прогноза их геоэкологического состояния.

Материалы и методы исследования

Количественные методы в исследовании трансформации ландшафтов применялись такими авторами, как И.А. Байракова, В.В. Удовиченко, и другими исследователями [1, 2]. В отмеченных работах была определена проблема оценки трансформации ландшафтов и антропогенной нагрузки. В настоящее время данная проблематика не теряет своей актуальности и дает глубокое представление о процессах, протекающих в ландшафтных комплексах.

Для отображения количественных и качественных показателей процессов трансформации применены индикаторы и индексы, которые применяются в исследовании многих отраслей науки, в том числе экологической.

«Под индикатором понимается показатель, позволяющий судить о состоянии или изменении экономической, социальной или экологической переменной.

Наряду с индикаторами разрабатываются и применяются на практике индексы. Индекс – это агрегированный или взвешенный индикатор, основанный на нескольких других индикаторах или данных. Использование индексов приемлемо там, где хорошо понятны причинно-следственные связи.

Обычно индикаторы описывают явления или состояния окружающей природной среды и всегда указывают на нечто, находящееся вне прямого рассмотрения. 1. Индикаторы используются для обоснования принимаемого решения посредством количественной оценки и упрощения. 2. Индикаторы помогают интерпретировать изменения. 3. Использование индикаторов позволяет выявлять недостатки в природопользовании. 4. Индикаторы позволяют облегчить доступ к информации для разных категорий пользователей. 5. Индикаторы облегчают обмен научно-технической информацией» [3, с. 42–50].

По определению В.И. Булатова, «трансформация ландшафтов – создание нового качества, их структурное преобразование. Особенности данного процесса определяются межсистемным воздействием разнорядковых и разнокачественных систем (природных, социальных, технических). В отличие от революционной динамики трансформация ландшафтов носит долговременный и постепенный характер. Процесс трансформации есть выражение преобразования природы с определенными целями, специальными дифференцирован-

ными формами воздействия, взаимодействия и регулирования с учетом объективных структурных ограничений природной среды» [4, с. 15].

В настоящее время существуют две причины трансформации ландшафтов – это косвенное влияние изменения климатических показателей в сторону потепления и уменьшения осадков и прямое воздействие – хозяйственная деятельность человека. Основываясь на предыдущих работах автора, на территории Южного Урала можно выделить следующие виды природно-антропогенных ландшафтов: 1) пастбищно-дигрессионно-трансформированные; 2) пирогенно-трансформированные; 3) техногенно-трансформированные; 4) лесохозяйственно-трансформированные; 5) селитебно-трансформированные [5, с. 19].

Разработка, введение способов индексов и индикаторов даст возможность оценить сложившуюся геоэкологическую обстановку и своевременно предпринять меры для защиты от деградации горных ландшафтов. Примером может служить «Индекс совокупного воздействия естественного и антропогенного факторов на компоненты ландшафтов».

Достаточно сложно определить, где в ландшафтах процесс трансформации продолжается как эволюция природных комплексов и их перестройку под влиянием изменения климатических показателей в последние десятилетия. Поэтому внедрение индексов даст возможность интерпретировать данные изменения. Индекс совокупного воздействия естественного и антропогенного факторов на компоненты ландшафтов включает следующие индексы и индикаторы.

Индексы естественного фактора трансформации:

1. Индикатор изменения климатических показателей включает анализ многолетних среднегодовых температур, средних температур января и июля, среднегодового количества осадков, среднемесячных осадков января июля. Для интерпретации результатов исследования необходим отрезок времени не менее 50 лет. На процесс трансформации ландшафтов этот фактор влияет через изменение состава растительности, который быстрее всего реагирует на внешнее воздействие. В долгосрочной перспективе меняется и фауна, свойства почв и почвенный покров, перестраивается ландшафтная структура. В количественном виде выражается следующим образом: 1 балл

соответствует изменению среднегодового показателя на минимальном температурном уровне +0,1–0,4 °С, 2 балла при увеличении температуры на +0,5–0,9 °С, 3 балла при изменениях на +1–1,4 °С, 4 балла соответственно на +1,5–1,9 °С, 5 баллов при изменении значений среднегодовых температур на +2,0 °С или более.

2. Индикатор частоты повторения экстремальных погодных явлений включает аномально низкие и высокие температуры воздуха для данной территории, минимальное и максимальное количество осадков за месяц, засухи, количество осадков свыше 30 мм за сутки, град, сильный ветер, ураган, крайне ранняя осень и поздние заморозки летом. Негативное воздействие могут оказать на флору, фауну и почву: гибель лесных насаждений, лесные пожары в годы засухи, вымывание почвенного слоя во время интенсивных осадков и другие природные катастрофические явления.

3. Индикатор частоты повторения экстремальных погодных явлений. К ним относятся крайне низкие и высокие температуры воздуха, минимальное и максимальное количество осадков за месяц, засухи, осадки более 30 мм за сутки, град, сильный ветер, ураган, крайне ранние осенью и поздние заморозки летом. Градация зависит от частоты экстремальных погодных явлений, выраженных в долях абсолютных количеств осадков и температур. Частота экстремальных погодных условий выражается в процентах (в %): а) изменение частоты выпадения осадков более 30 мм в сутки (процент абсолютных величин) – с повторяемостью 0–0,1 % – 1 балл; 0,1–0,2 % – 2 балла; 0,2–0,3 % – 3 балла; 0,4–0,5 % – 4 балла; 0,5–0,6 % – 5 баллов.

4. Баллы присваиваются в зависимости от частоты проявления экстремальных погодных явлений, выражающихся в долях от абсолютных сумм осадков и температур. Частота проявления экстремальных погодных условий выражается в процентах (в %):

а) изменение частоты выпадения осадков более 30 мм в сутки (проценты от абсолютных сумм) – при повторяемости 0–0,1 % – 1 балл; 0,1–0,2 % – 2 балла; 0,2–0,3 % – 3 балла; 0,4–0,5 % – 4 балла; 0,5–0,6 % – 5 баллов.

б) изменение повторяемости аномально жарких и холодных температур воздуха (проценты от абсолютных сумм): при 0–0,1 % – 1 балл; 0,1–0,2 % – 2 балла; 0,2–0,3 % – 3 балла, 0,4–0,5 % – 4 балла; 0,5–0,6 % – 5 баллов.

5. Индикатор трансформации групп растительности. Показатель, характеризующий качественные и количественные изменения в растительном покрове [6, с. 49]. Одним из вариантов является определение на ключевых точках количества адвентивных видов к общему числу видов растений. Адвентивные виды – дикие виды, перенесенные на новую для них территорию (отделенные от исходного диапазона) в результате прямого или косвенного воздействия на человека и встроенные в природные, полустественные и антропогенные сообщества. Отсутствие адвентивных видов является показателем устойчивости компонента ландшафта – растительности. Количественные показатели ранжировались следующим образом: вид встречается редко от 1 до 10 экземпляров на 1 м² (присваивается 1 балл); при встречаемости 11–100 экземпляров – 2 балла, от 101 до 200 – 3 балла, 200 и более – 4 балла.

Более сильное воздействие оказывает хозяйственная деятельность человека, которая может коренным образом трансформировать ландшафты, особенно при добыче полезных ископаемых, в которой ландшафтная структура территории полностью перестраивается, вплоть до литогенной основы. Для выражения данных процессов применяются индикаторы антропогенной трансформации компонентов ландшафтов:

6. Индикатор качественных показателей лесных насаждений:

а) породный состав древостоя. Площади, занимаемые коренными породами деревьев, выражают сохранность естественных ландшафтов в прямо пропорциональном выражении. Чем больше доля коренных пород лесов, тем большая вероятность сохранения природных комплексов. 1 балл присваивается, если коренные породы занимают площадь 80–100 %, 2 балла – 50–79 %, 3 балла – 30–49 %, 4 балла – 10–29 %, 5 баллов – менее 10 %;

б) возрастная структура лесных насаждений – соотношение количества приспевающих деревьев к количеству молодняков. Наиболее оптимальным считается равномерное соотношение разновозрастных пород. При резком увеличении процента подроста можно судить об интенсивных вырубках или лесных пожарах, что является показателем антропогенного воздействия. Преобладание перестойных деревьев – 1 балл, спелых – 2 балла, приспевающих – 3 балла, молодняков, подростов – 4 балла;

в) полнота лесных насаждений – степень использования лесом занятого пространства и выражается в десятых долях единицы для каждого яруса отдельно. За нормальную полноту принимают естественную полноту леса, не затронутого человеческой деятельностью. Согласно данному определению выделяются высокоплотные (1,0–0,9), среднеплотные (0,8–0,6), низкоплотные (0,5–0,3) насаждения и редины (менее 0,3). Чем больше полнота лесных насаждений, тем больше присваивается балл.

7. Индикатор синантропизации растительности. «Синантропизация – процесс приспособления растительного покрова к постоянно нарастающему антропогенному воздействию, сопровождающийся обеднением видового разнообразия, утратой зональных черт, унификацией» [5, с. 35]. Доля синантропных видов определяется как процентное соотношение к общему числу видов на исследуемом участке. Количественные показатели распределяются следующим образом: если рудеральные виды встречаются редко в количестве 7–11 шт./м², их доля составляет менее 10%, в этом случае присваивается 1 балл; при вариации синантропных видов в пределах 10–30%, слабая синантропизация – 2 балла; если доля синантропных видов достигает 30–50%, средняя синантропизация – 3 балла; при проективном покрытии 50–80% синантропных видов, что говорит о деградации растительности – 4 балла.

Результаты исследования и их обсуждение

Алгебраическая сумма показателей индикаторов представлена в таблице. Под

цифрами обозначены индексы, указанные выше в тексте. Анализ происходит следующим образом: чем меньше сумма баллов в ландшафтном районе среднегорий Южного Урала, тем менее подвержены процессам трансформации природные комплексы, и аналогичная ситуация с максимальными баллами – чем выше результат, тем больше ландшафты испытывают трансформацию.

Таким образом, с помощью применения индикаторов и индексов получены следующие результаты: меньше всего процессам трансформации подвержены ландшафты Белягушско-Машакско-Иремельского среднегорья (сумма индексов – 15). На данной территории климатические изменения средние, а антропогенное воздействие минимально по причине того, что природные комплексы находятся в режиме ООПТ. Малые показатели трансформации (15–17) характерны для природных комплексов Зильмердакско-Базальского среднегорья, что объясняется сложным рельефом и низкой плотностью населения, затрудняющего хозяйственное освоение территории, а изменения климатических показателей варьируются в средних значениях.

Средние показатели индекса – характерны для природных комплексов Юрматаско-Баштауского среднегорья (21 балл), в которых зафиксированы высокие индикаторы климатических изменений, по причине географического положения на границе разных высотных поясов, антропогенное воздействие среднее, местами значительное. Выше среднего – индексы Уралтауского среднегорного хребта (25 баллов).

Индексы факторов трансформации ландшафтов среднегорий Южного Урала

Ландшафтные районы среднегорий Южного Урала	Индексы естественного фактора				Индексы антропогенного фактора				Сумма индексов / воздействие
	1	2а	2б	3	4а	4б	4в	5	
1. Ландшафтные комплексы Зильмердакско-Базальского среднегорья	2	2	2	2	2	2	3	2	17 среднее
2. Ландшафтные комплексы Юрматаско-Баштауского среднегорья	4	3	1	3	2	2	3	3	21 среднее
3. Ландшафтные комплексы Белягушско-Машакско-Иремельского среднегорья	3	2	1	1	2	1	3	2	15 слабое
4. Ландшафтные комплексы Кракинского среднегорного хребта	5	5	2	3	3	2	2	4	26 очень сильное
5. Ландшафтные комплексы Приуралтауско-Кракинского межгорного понижения	5	5	2	4	3	2	2	4	27 очень сильное
6. Ландшафтные комплексы Уралтауского среднегорного хребта	5	4	1	3	3	2	3	4	25 сильное

Ландшафты подвержены относительно высоким показателям изменения климата – +1,6 °С, антропогенное воздействие значительное, особенно в центральной части ландшафтного района. Высокими показателями индекса процессов трансформации характеризуются ландшафты Кракинско-среднегорного хребта и Приуралтауско-Кракинского межгорного понижения. На данных ландшафтных районах высокие показатели индексов естественного и антропогенного фактора. Антропогенное воздействие классифицируется как сильное, в связи с высокой хозяйственной и селитебной освоенностью территории.

Заключение

Использование описанного методического приема позволило автору выявить внутренние региональные отличия процессов трансформации ландшафтов, выделить территории с благоприятной обстановкой и ландшафтные районы с неблагоприятным геоэкологическим состоянием, которые требуют дальнейшего исследования для разработки путей предотвращения неблагоприятной геоэкологической ситуации. Таким образом, исследования показали,

что наибольшей антропогенной нагрузке подвержены и к категории «очень сильное и сильное воздействие факторов трансформации» относятся около 22% территории. На категорию «среднее» приходится около 30% исследуемой территории. Примерно на 48% территории воздействие оценивается как слабое.

Список литературы

1. Байраков И.А. Ландшафтно-экологическая диагностика геосистем Северо-Восточного Кавказа (на примере Чеченской Республики): автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Пермь, 2012. 38 с.
2. Удовиченко В.В. Моделирование трансформационных процессов смешаннолесных ландшафтных комплексов левобережной Украины // Вестник ВГУ. Серия: География. 2016. № 3. С. 5–14.
3. Павликова О.В., Ферару Г.С. Методология определения экологических возможностей устойчивого развития региона // Научные ведомости Белгородского государственного университета. 2012. № 1–1 (120). Т. 21. С. 42–50.
4. Булатов В.И. Антропогенная трансформация ландшафтов и решение региональных проблем природопользования (на примере юга Западной Сибири): автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Иркутск, 1996. 63 с.
5. Хасанова Г.Ф. Современное состояние и особенности трансформации ландшафтов среднегорий Южного Урала: дис. ... канд. геогр. наук. Уфа, 2018. 230 с.
6. Шауло Д.Н., Зыкова Е.Ю., Шмаков А.И., Тупицына Н.Н., Сонникова А.Е., Шанмак Р.Б., Халбы М.О.-о., Самбуу А.Д., Анкипович Е.С. Адвентивные виды во флоре Верхнего Енисея // Turczaninowia. 2020. Т. 23. № 2. С. 49–58.