

## Оценка уровня антропогенной трансформации растительного покрова горных территорий

П. Л. ГОРЧАКОВСКИЙ, Н. Н. НИКОНОВА, Т. В. ФАМЕЛИС

Институт экологии растений и животных УрО РАН  
620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202  
E-mail: karta@ipae.uran.ru

### АННОТАЦИЯ

Рассматривается методика оценки антропогенной трансформации растительного покрова на локальном, субрегиональном и региональном уровнях путем создания фитоэкологических карт, основанных на выявлении пространственно-временной неоднородности растительного покрова, анализе его связей со средой.

**Ключевые слова:** трансформация растительности, локальный и региональный уровни, фитоэкологическая карта, индексы трансформации.

Оценка экологической обстановки любой территории начинается с выявления особенностей и закономерностей организации наземных экосистем (лесов, лугов, болот, степей). Растительный покров является структурно-функциональной основой экосистем и может служить индикатором условий среды, реагирующим на ее изменения. В связи с проведением работ по оценке природных условий и естественных ресурсов в последнее время успешно развивается фитоэкологическое картографирование – новое направление исследований в современной экологии растений и геоботанике, основанное на выявлении пространственно-временной неоднородности растительного покрова, анализе его связей со средой.

В основу фитоэкологических карт могут быть положены разные принципы в зависимости от поставленных задач [1–3] и др. Наиболее актуальны фитоэкологические карты, отражающие состояние и степень антропо-

генной трансформации растительного покрова на локальном, субрегиональном и региональном уровнях.

Авторами разработаны методические основы создания фитоэкологических карт, содержащих информацию о последствиях воздействия человека на растительность и природную среду той или иной территории, о современном ее состоянии, условиях трансформации и тенденциях изменения разных зонально-типологических подразделений и территориальных комплексов растительности. Создание таких карт осуществляется в несколько этапов.

1-й этап. **Картографирование современного растительного покрова.** Анализ и обобщение имеющихся данных о зонально-типологической структуре растительного покрова, закономерностях распределения отдельных синтаксонов. Выделение основных картируемых подразделений коренной (квазинатуральной) растительности и соответственно – основных единиц, подлежащих картированию. Отображение выявленных закономерностей на геоботанической карте.

Горчаковский Павел Леонидович  
Никонова Нина Николаевна  
Фамелис Тамара Владимировна

2-й этап. **Изучение сукцессий растительности, происходящих под влиянием антропогенных факторов.** Выявление состава и структуры производных, культивируемых (семикультурных) растительных сообществ и селитебных земель. Установление критериев оценки антропогенной нарушенности разных категорий растительных сообществ (лесных, луговых, болотных, степных, тундровых и т. п.) и разработка шкалы степени трансформации. Сопоставление растительных сообществ, в той или иной степени нарушенных, с эталонными, не испытывавшими существенных изменений. Шкала индексов трансформации должна быть единой, однако критерии трансформации могут быть различными в разных категориях растительных сообществ.

3-й этап. **Нанесение на карту в принятом масштабе подразделений коренной, производной, культивируемой растительности и селитебных земель.** Степень детальности отображения антропогенных изменений растительных сообществ на карте зависит от поставленных задач, назначения карты и ее масштаба.

4-й этап. **Фитозокологическая дифференциация территории.** Выделение в рамках карты территориальных комплексов разного ранга, различающихся между собой по набору и соотношению картируемых подразделений коренной и производной растительности, степени нарушенности растительного покрова, но характеризующихся каждый в отдельности единством во флористическом, ценолитическом и экологическом отношениях, а также определенными особенностями условий среды. Размер комплексов зависит от степени неоднородности растительного покрова и масштаба картирования.

5-й этап. **Оценка состояния растительного покрова.** В качестве основного параметра можно принять соотношение площадей сравнительно коренных, производных растительных сообществ и антропогенно-трансформированных земель. В ходе картометрического анализа определяются значения индексов трансформации на уровне как зонально-типологических подразделений растительного покрова, так и его территориальных комплексов.

6-й этап. **Оформление карты.** Степень сохранности разнообразия растительных сообществ

(тундровых, лесных, луговых, болотных, степных и т. п.) и содержащегося в их составе генофонда растений отражает индекс антропогенной трансформации на уровне зонально-типологических подразделений растительного покрова. Этот индекс определяется по формуле  $T_1 = (Ss + Sc)/Sp$  и характеризует отношение площади трансформированной растительности – производной ( $Ss$ ) и культивируемой ( $Sc$ ) – к площади коренной растительности ( $Sp$ ).

Полученные значения далее ранжируются, устанавливается степень трансформации: слабая, умеренная, сильная, очень сильная.

Представление о нарушенности хозяйственной деятельностью человека картируемой территории дает индекс трансформации растительного покрова на уровне его территориальных комплексов ( $T_2$ ). В этом случае объектом рассмотрения служит весь набор подразделений, входящих в комплекс и характерных для определенного участка территории. Этот индекс характеризует отношение площади трансформированной растительности независимо от ее типологической принадлежности – производной ( $Ss$ ) или культивируемой ( $Sc$ ), к общей площади всего территориального комплекса ( $S$ ) и определяется по формуле  $T_2 = (Ss + Sc)/S \times 100$ .

Понятие территориального комплекса растительности близко к понятию фитоценохор, предложенному В. Б. Сочавой [1], который различал фитоценохоры планетарного, регионального (субрегионального) и топологического уровней. Эти уровни взаимосвязаны, но каждый из них характеризуется своими временными, пространственными, экологическими и динамическими особенностями. В данном случае речь пойдет о фитоценохорах топологического и регионального уровней.

Практическое приложение этих методических подходов можно проиллюстрировать на примере создания ряда фитозокологических карт.

**На субрегиональном уровне** таким примером может служить опубликованная в 1995 г. "Фитозокологическая карта Свердловской области". М. 1 : 1 500 000, АОЗТ УГСЭ [4]. В ходе ее подготовки авторы опирались главным образом на результаты собственных

исследований, с учетом ведомственных данных, материалов лесоустройства, землеустройства и торфоразведки. Закономерности высотно-поясной дифференциации растительного покрова Урала и Приуралья выявлены ранее П. Л. Горчаковским [5].

Территория Свердловской области представлена следующими зонально-типологическими подразделениями растительного покрова.

Высокогорная растительность: горные тундры и подгольцовые мелко- и криволесья.

Бореально-лесная (таежная) зона: северотаежные, среднетаежные, южно-таежные, широколиственно-хвойные (подтаежные) леса.

Лесостепная зона: луговые степи и остепненные луга в сочетании с лесами.

Интразональная растительность: болота.

Результаты картометрического анализа антропогенной трансформации растительного покрова Свердловской области приведены в табл. 1, а закономерности распределения зонально-типологических подразделений растительности, в разной степени подвергшихся антропогенной трансформации, – на рис. 1.

Горные тундры, подгольцовые редколесья, а также болота и северотаежные леса представлены в основном коренными сообще-

ствами и наименее подверглись антропогенной трансформации. В средней тайге почти наполовину произошла смена коренных хвойных лесов производными мелколиственными. В южно- и подтаежных лесах площадь производной и культивируемой растительности в 2–4 раза превышает площадь коренной. Наиболее подвержены трансформации растительные сообщества лесостепной зоны, где площадь преобразованной растительности в 30 раз превышает площадь коренной.

На территории Свердловской области выделено 14 основных комплексов растительности (табл. 2). Анализ индексов трансформации растительного покрова на уровне его территориальных комплексов (рис. 2) дает возможность выявить ряд закономерностей.

Лишь в очень слабой степени трансформацией затронуты Конжаковский комплекс, находящийся в водораздельной части Северного Урала, и Верхнепелымский, расположенный на самой северной окраине зауральской части области, в пределах Северососьвинской возвышенности. Трансформацией до 30 % охвачена территория предгорий восточного склона Северного Урала и северная часть равнинной зауральской территории

Т а б л и ц а 1

**Антропогенная трансформация зонально-типологических подразделений растительного покрова**

Подразделения растительного покрова	Доля растительности, % от общей площади			Индекс трансформации $T_1 = \frac{Ss + Sc}{Sp}$
	коренной $Sp$	производной $Ss$	культивируемой $Sc$	
<b>Высокогорья:</b>				
горные тундры	0,25	0	0	0
подгольцовые мелколесья	0,58	0	0	0
<b>Леса:</b>				
северотаежные	8,43	0,86	0	0,10
среднетаежные	21,87	7,75	2,50	0,47
южно-таежные	9,46	12,79	8,20	2,22
широколиственно-хвойные (подтайга)	2,72	2,83	8,22	4,05
<b>Лесостепь:</b>				
мелколиственные леса и луговые степи	0,04	0,05	1,15	30,0
<b>Интразональная растительность:</b>				
болота	12,0	0	0,30	0,02
<b>Всего</b>	<b>55,35</b>	<b>24,28</b>	<b>20,37</b>	



Рис. 1. Антропогенная трансформация растительного покрова на уровне его зонально-типологических подразделений (Свердловская область).

I – IV – степени трансформации: I – трансформация очень слабая и слабая (индекс  $< 0,2$ ); II – умеренная (индекс  $0,2-1$ ); III – сильная; IV – очень сильная

области. Умеренно трансформированы (до 50 %) низкие предгорья восточного склона Среднего Урала. Для пяти комплексов предгорно-среднегорной и предгорно-низкогорной

части Среднего Урала, расположенных в наиболее освоенных в хозяйственном отношении районах, характерна сильная трансформация (до 70 %). В лесостепной части Предуралья и

## Антропогенная трансформация растительного покрова в рамках его территориальных комплексов

№ п/п	Территориальный комплекс	Общая площадь террито- риальных комплексов $S$ , $\text{км}^2$	Площадь растительности, $\text{км}^2$			Индекс трансформа- ции $T_2 = \frac{Ss + Sc}{S} \cdot 100$
			коренной $Sp$	производ- ной $Ss$	культивируе- мой $Sc$	
1	Конжаковский	5604,75	5010,75	594,0	0	10
2	Качканарский	5757,75	2751,75	2934,0	72,0	52
3	Чусовской	15885,0	5463,0	6738,75	3683,25	66
4	Саранинский	4758,75	1608,75	47,25	3102,75	66
5	Ивдельский	6255,0	4491,0	1543,5	220,5	28
6	Нижегородский	7926,75	4455,0	2576,25	895,5	44
7	Белоярский	15232,5	5784,75	3345,75	6102,0	62
8	Верхнепелымский	8019,0	7481,25	537,75	0	7
9	Оусский	9238,5	6723,0	2207,25	308,25	27
10	Пельмско-Тавдинский	27256,5	19723,5	5305,5	2227,5	28
11	Сосьвинско-Туринский	16184,25	12903,75	1509,75	1770,75	20
12	Ницинский	26462,25	9823,5	7940,25	8698,5	63
13	Пышминский	18443,25	2886,75	2893,5	12663,0	84
14	Красноуфимский	2940,75	229,5	108,0	2603,25	92

Зауралья растительность трансформирована до 90 %. Такое превышение площади культивируемой растительности по отношению к площади коренной создает угрозу утраты генетических ресурсов аборигенной флоры.

Фитоэкологическая карта позволяет сделать ряд выводов о процессе антропогенной трансформации на территории области.

Общая площадь, преобразованная человеком за 300 лет (с момента интенсивного антропогенного освоения), составляет в Свердловской области  $80\,628,75 \text{ км}^2$ . Если предположить, что антропогенные факторы действовали равномерно, можно рассчитать скорость трансформации. Для лесов Свердловской области она составляет около  $270 \text{ км}^2$  в год. Если процесс освоения будет продолжаться с такой же скоростью, можно ожидать, что коренных северотаежных лесов не останется через 55 лет, среднетаежных – через 140, южно-таежных – через 60, подтаежных и предлесостепных – через 20 лет. Уже сейчас подтаежные и предлесостепные леса находятся на грани исчезновения.

Наряду с процессами разрушения происходят процессы восстановления растительности. На основе картометрических данных произведен подсчет скорости восстановления лесов. Время восстановления исходного состояния лесов равно продолжительности жизни одного поколения древостоя – 150 лет. За это время происходят смена мелколиственных пород хвойными и достижение ими периода хозяйственной спелости. С учетом площади вырубленных лесов определена скорость их восстановления:  $255 \text{ км}^2$  в год, т. е. скорость трансформации растительного покрова и скорость его восстановления практически мало отличаются. В связи с этим можно прогнозировать восстановление лесов хвойных формаций на территории области к 2145 г. при соблюдении двух условий: полном снятии антропогенных факторов и сохранении современной климатической ситуации.

**Локальный уровень.** В качестве примера на этом уровне рассмотрим опубликованную в 1997 г. "Карту антропогенной трансформации экосистем Каменского района Свердловской области" [6]. Этот административный

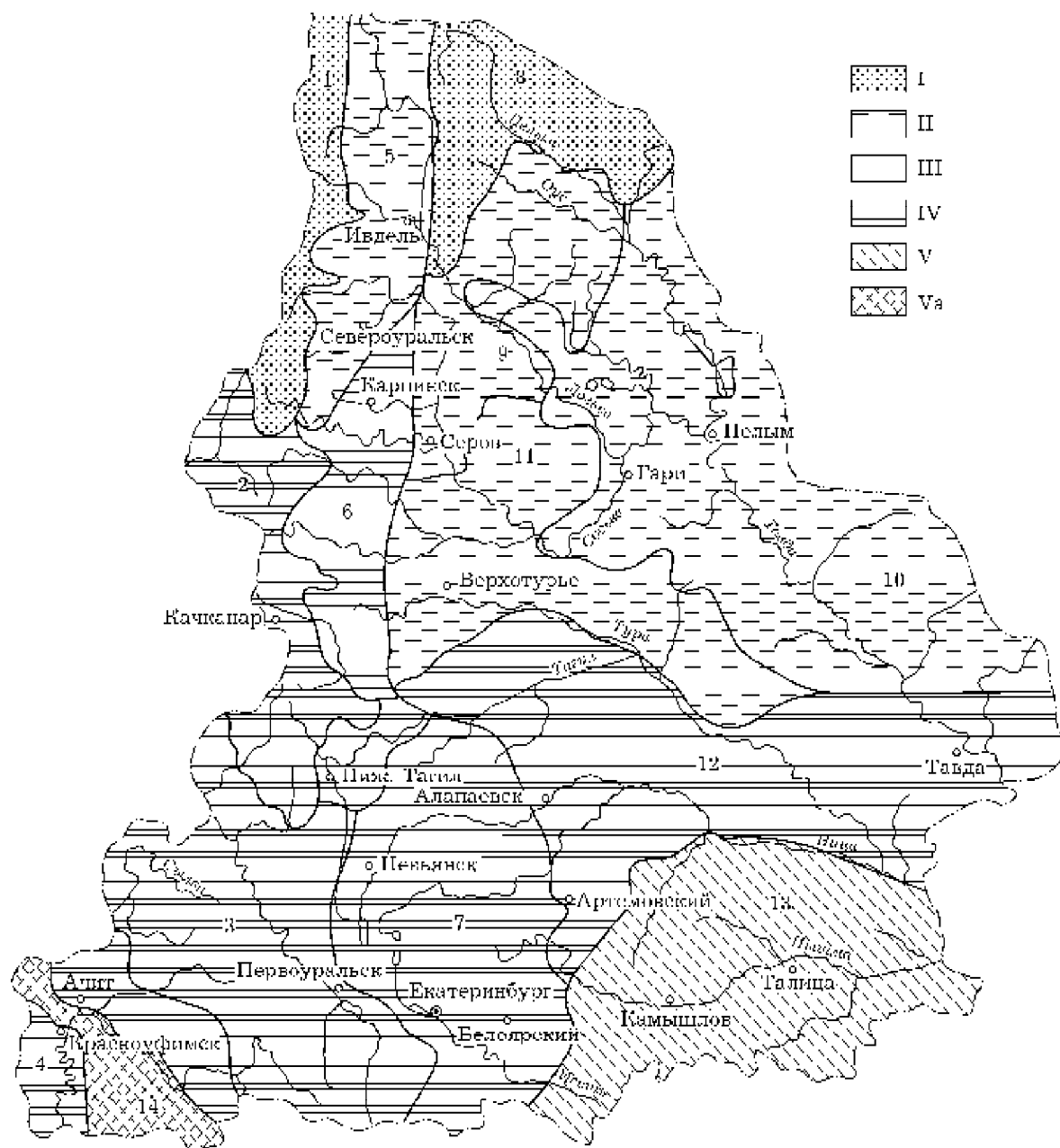


Рис. 2. Антропогенная трансформация растительного покрова на уровне его территориальных комплексов (Свердловская область).

1-14 - номера территориальных комплексов, I-Va - степень трансформации: I - очень слабая (индекс < 10 %); II - слабая (индекс 10-30 %); III - умеренная (индекс 30-50 %); IV - сильная (индекс 50-70 %); V и Va - очень сильная (индекс 70-90 % и более)

район занимает юго-восточную часть Свердловской области. Предварительно для данной территории составлена серия карт: геоботаническая, ландшафтная и использования земель в масштабе 1 : 100 000.

Растительный покров исследуемой территории в северо-западной части района распо-

ложен в подзоне предлесостепных березово-сосновых лесов (лесная зона), а южная часть - в подзоне северной лесостепи (лесостепная зона). Граница между ними примерно соответствует границе подстилающих почв материнских горных пород: морских третичных палеогеновых (опоки, тяжелые глины и т. п.) и чет-

вертикальных водно-ледниковых, преобладающих на территории равнинного Зауралья, а также разнообразных метаморфических, магматических, изверженных и осадочных пород, более древних (палеозойских) по времени образования на Урале и в его предгорьях [7].

По долинам рек Каменки, Исети и Синары в местах выхода известняков сохранились ленточные березово-сосновые леса. Долины этих рек, по всей вероятности, служили стоком уральских ледниковых вод в плейстоцене. В целом структура растительного покрова отличается комплексным характером и представлена сочетанием лесных, луговых, степных, болотных и озерных сообществ. Ботанико-географическая дифференциация административного района проведена с учетом

состава, количественного соотношения экосистем и их исторического прошлого.

Выделено 6 ландшафтных районов: Маминский предлесостепной березово-сосновый, Прикамский предлесостепной лугово-березовый, Травянский предлесостепной болотно-лугово-березовый, Сипавский лесостепной озерно-лугово-березовый, Каменско-Исетский аazonальных ленточных сосново-березовых лесов, Синарский аazonальных ленточных сосново-березовых лесов.

В дальнейшем проведен анализ структурно-динамических особенностей растительного покрова района с учетом его ландшафтной дифференциации. Вычислены индексы трансформации экосистем и природно-территориальных комплексов. На рис. 3 представ-

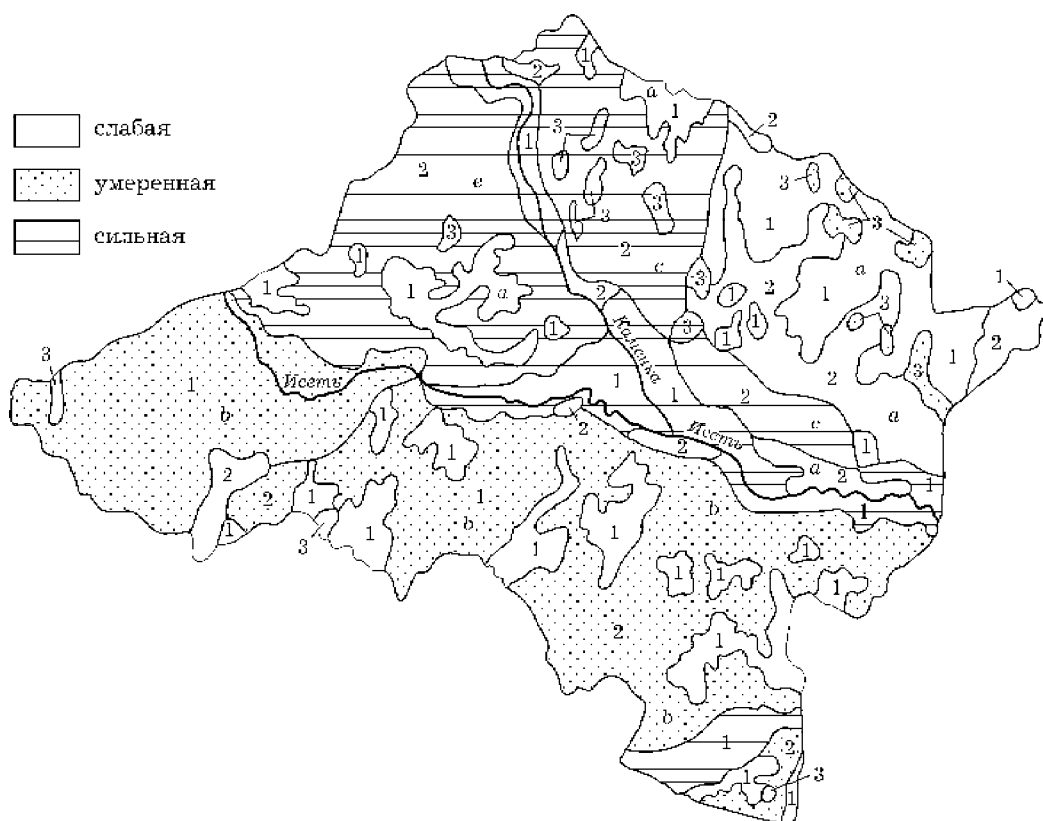


Рис. 3. Антропогенная трансформация экосистем Каменского района. Степень трансформации: а - слабая, б - умеренная, с - сильная.

Экосистемы	а	б	с
1 - лесные	0,4-0,5	1,1	5,5-5,6
2 - луговые	3-8	10-16	41
3 - болотные	0,2	0,8	1,7

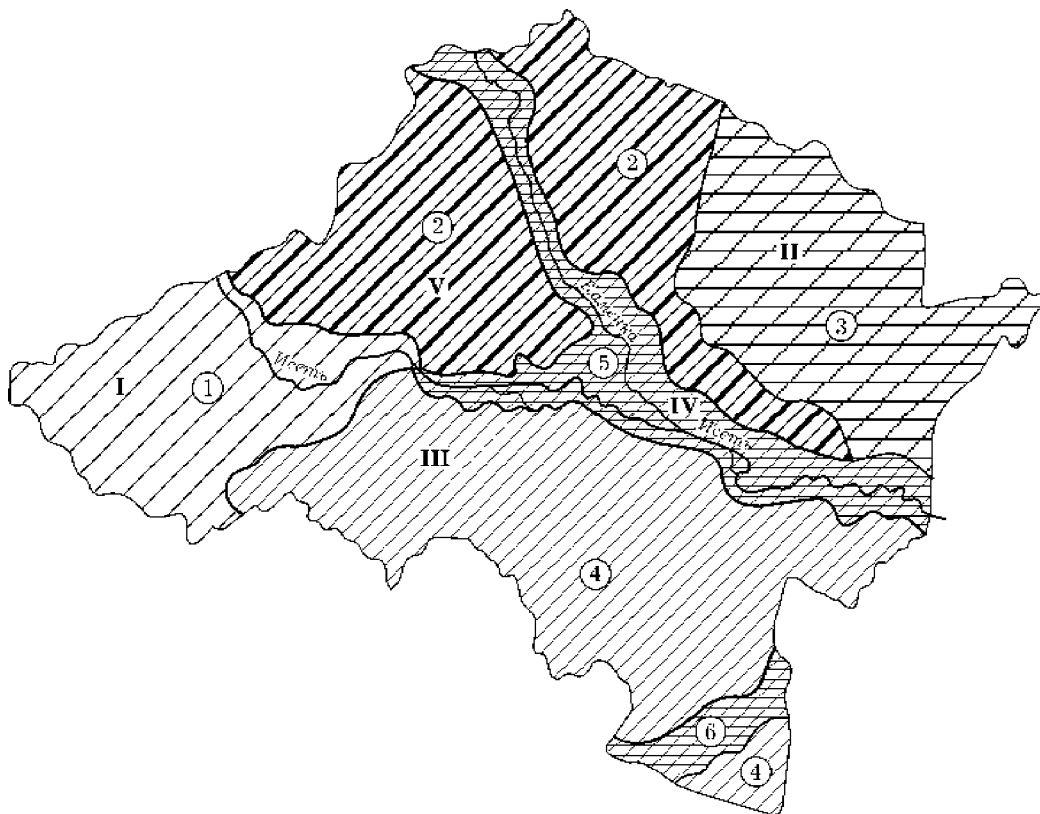


Рис. 4. Трансформация природно-территориальных комплексов района, %:  
 I – 50-55; II – 56-66; III – 67-80; IV – 81-85; V – 86-90; 1-6 – ландшафтные районы

лены результаты анализа преобразованных лесных, луговых и болотных экосистем.

Трансформацию природно-территориальных комплексов отражает рис. 4.

Оказалось, что в результате длительного хозяйственного использования в растительном покрове района произошли существенные изменения.

На месте ранее широко распространенных **луговых степей и остепненных лугов** появились сельскохозяйственные угодья. Мезофильные луга, в прошлом занимавшие значительные территории в северной части района, в настоящее время представлены мелкими контурами среди пашен, на их долю приходится не более 6 % площади. Отмечены значительное уменьшение флористического и ценофитического разнообразия луговых сообществ и их унификация. Восстановление этих лугов в районе маловероятно, возможна замена лугового типа растительности на лесной.

Лесные экосистемы наиболее трансформированы вдоль рек. Остепненные сосновые боры на древних речных террасах и на выходах известняков частично заменены мелколиственными березовыми лесами, используемыми в виде пастбищ. Хотя в районе и сохранилось свыше 50 % общей лесистости территории, но коренных лесов осталось лишь 14,7 %.

Существенная трансформация отмечена также и в болотных экосистемах. Наибольшие изменения они претерпели в северо-восточной части района; произошло уменьшение доли их площади до 1 %. В настоящее время болотные массивы интенсивно используются в качестве сенокосов и пастбищ, наблюдается их быстрое зарастание кустарниками и деревьями. В составе и структуре болот отмечаются существенные изменения. Возврат их в прежнее состояние невозможен, однако некоторое увеличение площади болот происходит за счет зарастания озер.



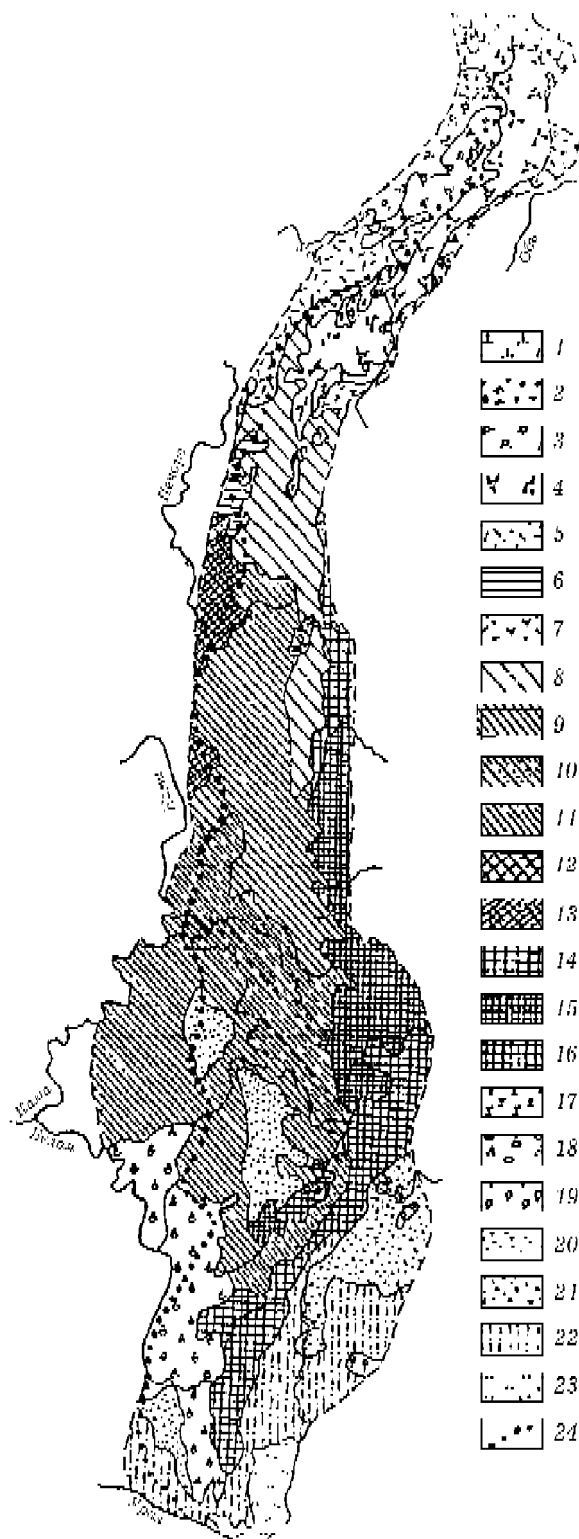


Рис. 5. Картограмма растительности Урала.

Тундры. *Восточноевропейско-западносибирские*: 1 – травяно-моховые и кустарничково-лишайниковые северные; 2 – мелкоерниковые южные; 3 – крупноерниковые южные; 4 – горные тундры, осыпи и россыпи.

Темнохвойные и широколиственные леса и редколесья. *Североевропейские*: 5 – березово-еловые предтундровые редколесья, 6 – еловые и березово-еловые северотаежные леса.

*Камско-печорско-западноуральские*: 7 – березово-еловые с лиственницей и кедром предтундровые редколесья; 8 – кедрово-еловые и еловые северотаежные; 9 – пихтово-еловые и елово-пихтовые среднетаежные; 10 – пихтово-еловые и елово-пихтовые южно-таежные; 11 – широколиственно-пихтово-еловые подтаежные.

Сосновые леса. *Североевропейские*: 12 – сосновые северотаежные; 13 – сосновые средне- и южно-таежные. *Восточноуральско-западносибирские*: 14 – сосновые с примесью лиственницы северотаежные; 15 – сосновые с примесью лиственницы средне- и южно-таежные.

*Южно-уральские*: 16 – сосновые с примесью лиственницы и березы предлесостепные.

Лиственничные леса и редколесья. *Восточноуральско-западносибирские*: 17 – лиственничные редкостойные леса и редколесья.

Широколиственные леса. *Восточноевропейские*: 18 – липовые и дубовые.

Березовые леса. *Зауральско-западносибирские*: 19 – березовые и осиново-березовые лесостепные.

Степи. *Причерноморские*: 20 – луговые степи и остепненные луга (с рядом сибирских и казахстанских видов). *Заволжско-западносибирско-казахстанские*: 21 – луговые степи и остепненные луга; 22 – богаторазнотравно-типчаково-ковыльные; 23 – разнотравно-типчаково-ковыльные.

24 – западная граница Уральских гор

**Региональный уровень.** Оценка состояния растительного покрова Урала в целом проведена на основе ботанико-географической картограммы растительности Урала [8] (рис. 5). На ней отражены основные типологические, провинциальные и зональные категории региональной размерности. Основной территориальной единицей оценки экологического состояния растительности принята провинция, как наиболее удобная в этих целях категория размерности растительности гор [9]. Трансформация зонально-типологических подразделений растительного покрова на Урале дана на основе результатов исследований авторов и литературных источников. В результате произведена экологическая дифференциация растительности изучаемой территории по качеству природной среды и выделены четыре зоны (рис. 6).

1. **Зона слабой антропогенной трансформации** растительного покрова. Она охватывает следующие территории: восточноевропейско-западносибирские тундры, североевропейские и камско-печорско-западноуральские предтундровые редколесья и темнохвой-

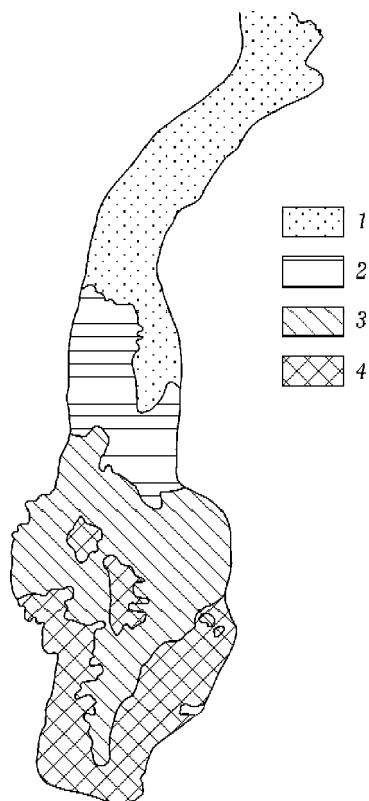


Рис. 6. Экологическая дифференциация растительного покрова Урала и Предуралья.

Зоны трансформации: 1 – слабой; 2 – умеренной; 3 – сильной; 4 – очень сильной

ные северотаежные леса, североευропейские и восточноуральско-западносибирские сосновые северотаежные и лиственничные редколесья.

**2. Зона умеренной антропогенной трансформации.** Сюда входят камско-печорско-западноуральские темнохвойные среднетаежные леса, североευропейские и восточноуральско-западносибирские сосновые средне- и южно-таежные леса.

**3. Зона сильной антропогенной трансформации.** Камско-печорско-западноуральские южно-таежные и подтаежные леса, южноуральские сосновые, зауральско-западносибирские березовые и осиново-березовые лесостепные.

**4. Зона очень сильной антропогенной трансформации.** Восточно-европейские широколиственные леса (липовые и дубовые), причерноморские и заволжско-западносибирско-казахстанские степи.

В целом территория Урала и Предуралья в рамках схемы занимает 374 тыс. км<sup>2</sup>. В количественном отношении экологические зоны распределились следующим образом, %: 1 – 29; 2 – 16,7; 3 – 33,8; 4 – 20,5.

Результаты исследования показывают, что интегральная оценка состояния и динамики растительного покрова той или иной территории может быть осуществлена на основе составления фитоэкологической карты, отражающей степень антропогенной трансформации растительности, соотношение площади и закономерностей распределения коренных, производных и культивируемых растительных сообществ и селитебных земель. В ходе фитоэкологического картографирования проводится картометрический анализ и на этой основе определяются индексы антропогенной трансформации растительности на уровне как зонально-типологических подразделений, так и ее территориальных комплексов.

Фитоэкологическая карта дает возможность оценить степень антропогенной трансформации и экологические последствия деятельности человека на локальном и региональном уровнях, а поэтому может быть использована в целях экологического мониторинга, оценки и прогнозирования состояния экосистем. Наряду с этим фитоэкологическая карта служит сигналом предупреждения и основой для принятия решений по изменению режима использования растительных ресурсов в той или иной части охватываемой ею территории.

Работа выполнена при поддержке гранта НШ-2140.2003.4

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. Б. Сочава, Растительный покров на тематических картах, Новосибирск, 1979, 189.
2. P. Ozenda, La cartographie ecologique et ses applications, Paris, Masson, 1986.
3. И. С. Ильина, Т. К. Юрковская, Ботан. журн., 1999, 12, 1-7.
4. П. Л. Горчаковский, Н. Н. Никонова, Т. В. Фамелис, Э. М. Ляхович, Фитоэкологическая карта Свердловской области, М. 1 : 1 500 000, АОЗТ УГСЭ, Екатеринбург, 1995.
5. П. Л. Горчаковский, Растительный мир высокогорного Урала, М., Наука, 1975.

6. Н. Н. Никонова, Т. В. Фамелис, Карта антропогенной трансформации экосистем Каменского района Свердловской области, М. 1 : 100 000, под ред. П. Л. Горчаковского, АОЗТ УГСЭ, Екатеринбург, 1997.
7. Геологическая карта Урала, М. 1 : 1 000 000, Уральское производственное геологическое объединение "Уралгеология", 1980.
8. П. Л. Горчаковский, С. А. Грибова, Т. И. Исаченко и др., *Ботан. журн.*, 1975, **60**: 10, 1385–1399.
9. Г. Н. Огуреева, Ботанико-географический анализ и картографирование растительности гор (Россия и сопредельные территории): Автореф. дис. д-ра геогр. наук, М., 1999.

## Evaluation of the Level of Anthropogenic Transformation of the Plant Cover of Mountainous Territories

P. L. GORCHAKOVSKY, N. N. NIKONOVA, T. V. FAMELIS

*Institute of Ecology of Plants and Animals, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
620144, Yekaterinburg, 8 Marta str., 202  
E-mail: karta@ipae.uran.ru*

Procedure of the evaluation of anthropogenic transformation of the plant cover at the local, subregional and regional levels is considered. It involves the construction of phytoecological maps based on the revealed spatial and time nonuniformities of the plant cover, analysis of its links with the environment.

**Key words:** transformation of vegetation, local and regional levels, phytoecological map, transformation indices.