

# ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 502.7:574

С.А. Бузмаков, Е.Л. Гатина

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ БОТАНИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПРИ АНТРОПОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

S.A. BUZMAKOV, E.L. GATINA  
ESTIMATION OF BOTANICAL DIVERSITY CHANGES AT ANTHROPOGENIC INFLUENCE IN THE TERRITORY OF PERM REGION

Пермский государственный университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15, [kafbor@psu.ru](mailto:kafbor@psu.ru)

Дается современная оценка состояния ботанического разнообразия на территории Пермского края. Выявлены направления изменений ботанического разнообразия в среднетаежных, южнотаежных и хвойно-широколиственных лесах региона. Определены особенности изменения ботанического разнообразия во времени. Также выявлены особенности изменения эколого-ценотических структур фитоценозов при антропогенном воздействии.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** ботаническое разнообразие; антропогенное воздействие; среднетаежные, южнотаежные и хвойно-широколиственные леса.

**K e y w o r d s:** botanical diversity; anthropogenic influence; middle taiga, southern taiga and hemiboreal forests.

*Введение.* На современном этапе перехода к устойчивому развитию [12] одним из приоритетных направлений является сохранение биоразнообразия лесных экосистем. Именно сохранение биологического разнообразия и устойчивое использование его компонентов способствуют глобальной стабильности. Исследования, проводимые в данном направлении, позволят лучше понять, как и под воздействием каких факторов изменяется биоразнообразие.

Пермский край является регионом с развитой промышленностью. Изучение его ботанического разнообразия необходимо для решения задач, связанных с формированием системы рационального природопользования на территории Пермского края, формированием управляемых природно-техногенных экосистем с высокой устойчивостью к антропогенному воздействию, повышением эффективности существующей сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Пермского края, организации научно обоснованной системы экологического мониторинга биоразнообразия в регионе. Несмотря на большое количество исследований флоры и растительного покрова региона [3, 5, 9] и трансформации растительного компонента под антропогенным воздействием [1, 4, 8, 13, 14], современная оценка состояния ботанического разнообразия на территории Пермского края остается актуальной. Для ее осуществления необходимо определить общее направление изменения ботанического разнообразия на территории Пермского края при антропогенной нагрузке и выявить закономерности подобного изменения в различных ботанико-географических районах, а также оценить временные особенности антропогенного воздействия на ботаническое разнообразие и выявить особенности изменения эколого-ценотических структур фитоценозов при антропогенном воздействии.

*Материал и методика.* Для оценки ботанического разнообразия в различных ботанико-географических районах края [9] проведено обследование участков, подверженных антропогенному воздействию (нефтедобыча, рекреация), и фоновых участков ООПТ в соответствии с основными задачами исследования ботанического разнообразия в районах нефтедобычи Пермского края [2]. Обследование проведено в равнинной части Пермского края.

Для каждой территории выделены типичные биотопы в соответствии перечнем биотопов Пермской области по состоянию на 01.01.2003 [6]. Объекты оценки ботанического разнообразия в ботанико-географических районах Пермского края представлены на рис.1.

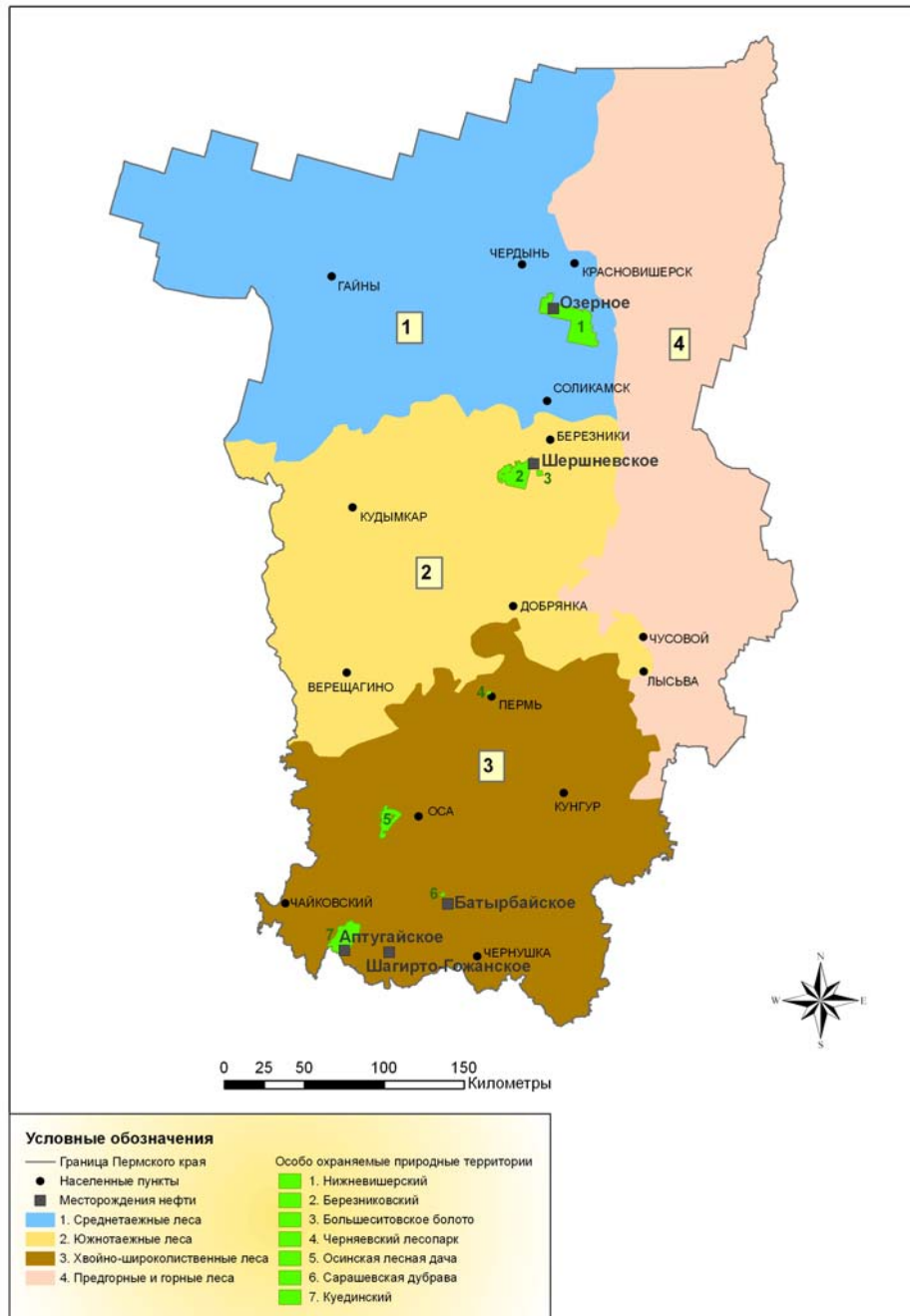


Рис.1 Объекты оценки ботанического разнообразия на территории Пермского края

Для оценки уровня ботанического разнообразия рассчитывались индексы биоразнообразия [7]. Индекс Шеннона рассчитывался по формуле

$$H' = -\sum p_i \ln p_i,$$

где величина  $p_i$  – доля особей  $i$ -го вида.

В выборке истинное значение  $p_i$  неизвестно, но оценивается как  $n_i/N$ ,

где  $n_i$  – обилие особей  $i$ -го вида,

$N$  – общее количество выявленных в сообществе видов.

На основе индекса Шеннона вычислялся показатель выравненности  $E$  (отношение наблюдаемого разнообразия к максимальному):

$$E = \frac{H'}{\ln S},$$

где  $S$  – число выявленных видов фитоценоза.  $E \in [0,1]$ ,

причем  $E = 1$  при равном обилии всех видов.

Структура видового разнообразия также оценивается по соотношению видов, входящих в разные эколого-ценотические группы (ЭЦГ). При исследовании растительности мы использовали классификацию эколого-ценотических групп видов сосудистых растений Европейской части России, составленную на основе эколого-ценотических свит А.А. Ниценко и исторических свит Г.М. Зозулина [11]. Эколого-ценотические спектры видового состава различных типов сообществ рассмотрены на примере травянисто-кустарничкового яруса выявленных типов фитоценозов.

*Результаты и их обсуждение.* Ботаническое разнообразие фоновых участков оценивалось на территории охраняемого ландшафта регионального значения «Нижневишерский», расположенного в зоне среднетаежных пихтово-еловых лесов; охотничьего заказника регионального значения «Березниковский» и охраняемого ландшафта «Большеситовское болото», расположенных в зоне южнотаежных пихтово-еловых лесов; северного участка охраняемого ландшафта «Куединский», северного участка охраняемого ландшафта «Сарашевская дубрава», охраняемого ландшафта регионального значения «Осинская лесная дача», расположенных в зоне широколиственно-елово-пихтовых лесов. Выявленные индексы растительного разнообразия  $H'$  и показатели выравненности  $E$  представлены в табл. 1.

Таблица 1

Значения индексов разнообразия  $H'$  и  $E$

Тип фитоценоза	Фон		Антропогенное воздействие	
	Индекс разнообразия $H'$	Показатель выравненности $E$	Индекс разнообразия $H'$	Показатель выравненности $E$
<b>Среднетаежные пихтово-еловые леса</b>				
Охраняемый ландшафт регионального значения «Нижневишерский» – Озерное месторождение нефти				
Светлохвойные леса	1,6600	0,5614	1,7031	0,6289
Смешанные, мелколиственные леса	2,1114	0,6336	1,2189	0,3741
Верховые болота	0,5849	0,2662	0,7837	0,3154
<b>Южнотаежные пихтово-еловые леса</b>				
Охотничий заказник регионального значения «Березниковский», охраняемый ландшафт «Большеситовское болото» – Шершневское месторождение нефти				
Темнохвойные леса	2,0695	0,6340	2,2399	0,6620
Смешанные, мелколиственные леса	1,8636	0,5798	2,0644	0,6080
<b>Хвойно-широколиственные леса</b>				
Северный участок охраняемого ландшафта «Сарашевская дубрава» – Батырбайское месторождение нефти северный участок охраняемого ландшафта «Куединский» – Аптугайское месторождение нефти, Шагирто-Гожанское месторождение нефти				
Темнохвойные, хвойно-широколиственные леса	2,2691	0,6316	2,3503	0,6582
Смешанные, мелколиственные леса	2,1428	0,6177	2,0650	0,6065
Луга	2,7646	0,7031	2,3716	0,6305
<b>Хвойно-широколиственные леса</b>				
Охраняемый ландшафт регионального значения «Осинская лесная дача» – «Черняевский лесопарк г.Перми»				
Светлохвойные, хвойно-широколиственные леса	2,1429	0,6789	1,7249	0,5776
Смешанные, мелколиственные леса	2,1410	0,6823	1,9992	0,6329

На территории охраняемого ландшафта регионального значения «Нижневишерский» повышенным уровнем ботанического разнообразия характеризуются смешанные и мелколиственные фитоценозы.

Светлохвойные леса характеризуются пониженным уровнем ботанического разнообразия по сравнению со смешанными лесами, что обусловлено зональными особенностями строения

фитоценозов среднетаежных лесов: простым строением древостоя, отсутствием или слабым развитием кустарникового яруса, отсутствием неморальных элементов в составе фитоценоза.

Верховые болота, обследованные на территории охраняемого ландшафта «Нижневишерский», характеризуются сниженными значениями индексов разнообразия и выравненности, что связано с трудностью определения полного видового богатства данных сообществ.

В южнотаежных пихтово-еловых лесах повышенным уровнем ботанического разнообразия характеризуются темнохвойные леса по сравнению со смешанными и мелколиственными лесами.

В хвойно-широколиственных лесах повышенным уровнем ботанического разнообразия характеризуются разнотравные луга. Хвойно-широколиственные и смешанные леса, обследованные на фоновых территориях (северные участки охраняемых ландшафтов «Сарашевская дубрава», «Куединский», «Осинская лесная дача»), близки по уровню ботанического разнообразия. Минимальные значения индекса разнообразия  $H'$  выявлены в мелколиственных пойменных фитоценозах.

Антропогенное воздействие на фитоценозы оценивалось на территории Озерного, Шершневого, Шагирто-Гожанского, Аптугайского, Батырбайского месторождений нефти (воздействие нефтедобычи), а также «Черняевского лесопарка г.Перми» (воздействие рекреации).

В среднетаежных пихтово-еловых лесах при антропогенном воздействии повышенным уровнем ботанического разнообразия характеризуются светлохвойные фитоценозы. В смешанных и мелколиственных лесах при воздействии нефтедобычи происходит снижение ботанического разнообразия, что отражает высокую антропогенную нагрузку в данных типах леса на территории Озерного месторождения нефти. Для верховых болот уровень ботанического разнообразия остается сниженным.

Для эколого-ценотических спектров видового состава трав фитоценозов, обследованных на территории Озерного месторождения нефти и ландшафтного заказника регионального значения «Нижневишерский», характерно появление монохроматических эколого-ценотических спектров в фитоценозах, расположенных вблизи объектов нефтедобычи.

Среди обследованных фитоценозов южнотаежных пихтово-еловых лесов повышенным уровнем ботанического разнообразия и выравненности характеризуются леса, расположенные вблизи объектов нефтедобычи. Повышение значений индексов характерно как для темнохвойных, так и для смешанных и мелколиственных лесов Шершневого месторождения нефти. В строении эколого-ценотических спектров южнотаежных пихтово-еловых лесов при антропогенной нагрузке происходит появление или увеличение доли видов луговой и нитрофильной ЭЦГ.

В хвойно-широколиственных лесах близкими значениями ботанического разнообразия характеризуются разнотравные луга и хвойно-широколиственные леса, расположенные вблизи объектов нефтедобычи. Для смешанных и мелколиственных лесов наблюдается тенденция снижения значений индексов в фитоценозах, расположенных в пределах антропогенно нарушенных территорий. В эколого-ценотических спектрах видового состава трав для фитоценозов, обследованных на территориях месторождений, характерно внедрение нитрофильной ЭЦГ.

При рекреационном воздействии наблюдается повышение уровня ботанического разнообразия в мелколиственных и смешанных лесах, в то время как для коренных сообществ наблюдается снижение значений индексов разнообразия и выравненности.

Уровень ботанического разнообразия в коренных и производных типах леса на фоновых территориях и в фитоценозах, подверженных антропогенной нагрузке (нефтедобыче, рекреации), отражен на рис. 2.

Из рис.2 видно, что среднетаежные пихтово-еловые леса устойчивы к антропогенному воздействию, в то время как в смешанных фитоценозах наблюдается резкое снижение уровня ботанического разнообразия при нефтедобыче. Среди обследованных фитоценозов южнотаежных пихтово-еловых лесов наблюдается повышение уровня ботанического разнообразия при антропогенном воздействии. Для хвойно-широколиственных лесов выявлено снижение значений индексов при нефтедобыче и рекреационном воздействии, причем наибольшее снижение характерно для коренных фитоценозов, что обусловлено высокой степенью освоения юга Пермского края.

Временной аспект воздействия нефтедобычи на ботаническое разнообразие территории рассмотрен на примере Шагирто-Гожанского и Аптугайского месторождений нефти, которые отличаются по времени эксплуатации. Шагирто-Гожанское месторождение нефти эксплуатируется более 50 лет. Разработка Аптугайского месторождения нефти ведется с 2001г. В качестве фоновой территории для двух месторождений принят северный участок охраняемого ландшафта регионального значения «Куединский», где объекты нефтедобычи отсутствуют.

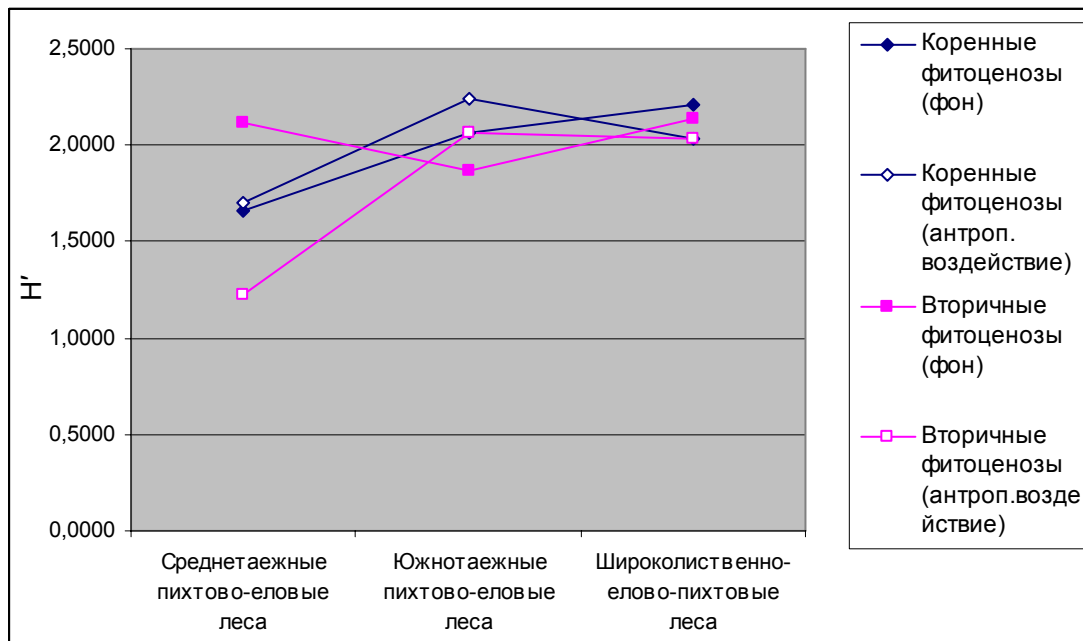


Рис.2. Значения индекса разнообразия  $H'$  в различных ботанико-географических районах Пермского края

На территории Аптугайского и Шагирто-Гожанского месторождений нефти и на «Куединском» выделены следующие типичные растительные биотопы: темнохвойно-светлохвойные леса, смешанные леса, мелколиственные пойменные леса, равнинные луга [6].

Для оценки состояния ботанического разнообразия выбрано 12 ключевых фитоценозов. Выявлены индексы растительного разнообразия  $H'$  и показатели выравненности  $E$  (табл. 2).

Таблица 2

Значения индексов разнообразия  $H'$  и  $E$  на территории ландшафтного заказника регионального значения «Куединский», Аптугайского и Шагирто-Гожанского месторождений нефти.

Тип фитоценоза	Индекс разнообразия $H'$	Показатель выравненности $E$
Темнохвойно-светлохвойные леса		
Фон	2,5390	0,7141
Аптугайское месторождение	2,5865	0,6965
Шагирто-Гожанское месторождение	2,4880	0,6700
Смешанные леса		
Фон	2,0231	0,5737
Аптугайское месторождение	2,2313	0,6438
Шагирто-Гожанское месторождение	2,4127	0,6455
Мелколиственные пойменные леса		
р.Средний Асаф (фон)	2,2905	0,6392
р.Аптугайка (Аптугайское месторождение)	2,1564	0,5972
р.Гожанка (Шагирто-Гожанское месторождение)	1,5387	0,4780
Злаково-разнотравные луга		
Аптугайское месторождение	1,8704	0,5037
Шагирто-Гожанское месторождение	2,0529	0,5332
Луг вблизи УППН (Шагирто-Гожанское месторождение)	1,7321	0,4912
Скважина (Аптугайское месторождение)	0,6451	0,3849
Скважина (Шагирто-Гожанское месторождение)	0,5857	0,1661

Повышенным уровнем разнообразия характеризуются темнохвойно-светлохвойные леса фоновой территории. Снижение уровня видового разнообразия выявлено на антропогенно нарушенном участке площадки куста скважин Шагирто-Гожанского месторождения нефти.

Изменения значений индексов разнообразия по мере увеличения антропогенной нагрузки во времени отражено на рис. 3.

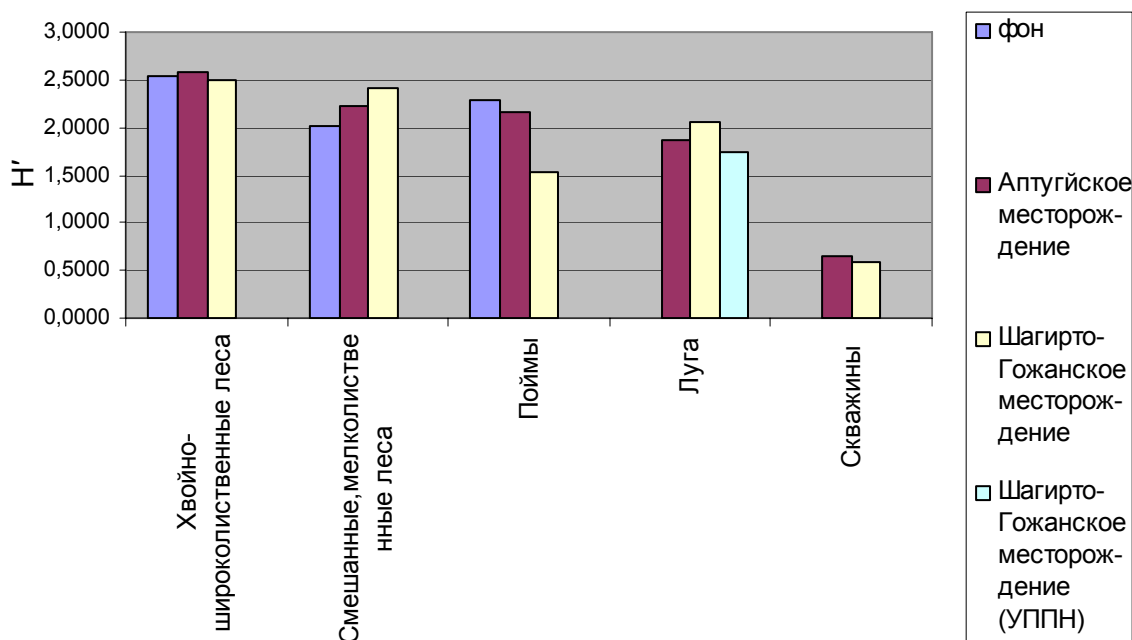


Рис.3. Значения индексов разнообразия по мере увеличения антропогенной нагрузки

Для темнохвойно-светлохвойных лесов характерно повышение значений индексов на начальных этапах разработки месторождения и снижение значений индексов по мере увеличения времени разработки. Несмотря на снижение значений индексов разнообразия, данные фитоценозы близки по уровню видового богатства (рис.3).

В смешанных лесах по мере увеличения антропогенной нагрузки и длительности эксплуатации месторождения уровень ботанического разнообразия увеличивается. В данных типах леса эколого-ценотические спектры видового состава трав сходны по строению, на территориях месторождений в эколого-ценотических спектрах появляется группа, характерная для богатых органикой почв, нитрофильная.

Уровень разнообразия в пойменных лесах в начале эксплуатации месторождения равен уровню разнообразия на фоновой территории. При длительной эксплуатации значения индексов резко снижаются и наблюдаются минимальные среди всех значений, выявленных для лесных фитоценозов на обследованной территории. По мере увеличения антропогенной нагрузки в пойменных фитоценозах происходит смена доминирующей ЭЦГ на нитрофильную (на Аптугайском месторождении), а затем на водно-болотную (гигрофильную – на Шагирто-Гожанском месторождении).

Уровень ботанического разнообразия злаково-разнотравных лугов повышается при незначительных антропогенных нагрузках.

### Выводы.

В результате проведенного исследования выявлено, что в фитоценозах, расположенных вблизи объектов нефтедобычи, наблюдается повышение уровня ботанического разнообразия. Минимальные значения индексов разнообразия выявлены в фитоценозах на фоновых территориях.

Среднетаежные светлохвойные леса характеризуются сходным уровнем ботанического разнообразия и сохраняют зональные черты при антропогенном воздействии. В смешанных лесах уровень ботанического разнообразия снижается под влиянием нефтедобычи.

Среди обследованных фитоценозов южнотаежных лесов повышенным уровнем ботанического разнообразия и выравненности характеризуются как темнохвойные, так смешанные и мелколиственные леса, расположенные вблизи объектов нефтедобычи.

В хвойно-широколиственных лесах уровень ботанического разнообразия нарушенных территорий снижается. На длительно разрабатываемых месторождениях, например Шагирто-

Гожанском месторождении нефти, значения индексов снижаются по отношению к фоновым за исключением вторичных фитоценозов.

Эколого-ценотические спектры видового состава травянисто-кустарничкового яруса при антропогенной нагрузке характеризуются внедрением нитрофильной ЭЦГ и появлением луговой ЭЦГ. По мере увеличения антропогенной нагрузки в пойменных фитоценозах происходит смена доминирующей ЭЦГ с нитрофильной на водно-болотную.

В целом выявленные значения индексов биоразнообразия и показателя выравненности являются разовыми значениями. Для оценки состояния ботанического разнообразия и выявления динамики структур сообществ необходимо формирование системы экологического мониторинга биоразнообразия на территории Пермского края.

### **Библиографический список**

1. Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области / Перм. ун-т. Пермь, 2003. 171 с.
2. Бузмаков С.А., Овеснов С.А., Сулова Е.Л. Основные задачи исследования биоразнообразия в районах нефтедобычи Пермского края // Геогр. вестник ПГУ. Пермь, 2007. № 1-2(5). С. 156–161.
3. Воронов Г.А., Трофимова Л.М., Баландин С.В. Сложные пихтово-еловые леса Уральского Прикамья (структура и антропогенная динамика) / Перм. ун-т. Пермь, 2005. 178 с.
4. Гашева М.Н., Гашев С.Н., Соромотин А.В. Состояние растительности как критерий нарушенности лесных биогеоценозов при нефтяном загрязнении // Экология. 1990. № 2. С. 77–78.
5. *Иллюстрированный определитель растений Пермского края* / С.А. Овеснов, Е.Г. Ефимик, Т.В. Козьминых и др.; под ред. С.А. Овеснова. Пермь: Книжный мир, 2007. 743 с.
6. *Методика сбора, анализа и хранения научных данных по объектам животного и растительного мира, принадлежащих к видам, занесенным в Красную книгу Пермской области*. Утверждена приказом начальника управления по охране окружающей среды Пермской области от 09.06.2003 № 98-пр. [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Кодекс».
7. *Мониторинг биоразнообразия* / под общей ред. В.Е.Соколова. М.: ИПЭЭ РАН. 1997. 368 с.
8. *Оборин А.А., Хмурчик В.Т. и др. Нефтезагрязненные биогеоценозы (Процессы образования, научные основы восстановления, медико-экологические проблемы): монография* / УрО РАН; Перм. гос. ун-т; Перм. гос. техн. ун-т. Пермь. 2008. 551 с.
9. *Овеснов С.А. Конспект флоры Пермской области*. Пермь: Изд-во ПГУ. 1997. 252 с.
10. *Особо охраняемые природные территории Пермской области: реестр* / отв. редактор. С.А. Овеснов. Пермь, 2002. 464 с.
11. *Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России* / РАН. М.: Научный мир, 2000. 196 с.
12. *Указ Президента РФ от 1 апреля 1996г. № 440 «О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию»*. [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Кодекс».
13. *Шилова И.И. Биологическая рекультивация нефтезагрязненных земель в условиях таежной зоны // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем: сб. науч. тр. М.: Наука, 1988. С. 159–167.*
14. *Шилова И.И. Первичные сукцессии растительности на техногенных песчаных обнажениях в нефтегазодобывающих районах Среднего Приобья // Экология. 1977. № 6. С. 5–15.*

### **SUMMARY**

The modern estimation of botanical diversity in the territory of Perm region is carried out. Directions of changes of botanical diversity in Middle Taiga, Southern Taiga and Hemiboreal forests of region are revealed. Features of botanical diversity changes in time. Moreover features of structure changes of plant cover at anthropogenic influence are revealed.

