

ГЕОЭКОЛОГИЯ (НАУКИ О ЗЕМЛЕ)

УДК 502/504

**Оценка состояния природной среды
при инженерно-экологических изысканиях
по функциональным характеристикам
биогеоценозов****Т.И. Караваева, В.П. Тихонов**

Естественнонаучный институт Пермского государственного национально-го исследовательского университета, 614990, Пермь, ул. Генкеля, 4

E-mail: georisk@psu.ru

(Статья поступила в редакцию 12 апреля 2016 г.)

Практика оценки состояния природной среды при инженерно-экологических изысканиях в основном ориентирована на изучение компонентов среды как ресурса, в частности на загрязнение воды, почвы, растительности. В экологическом отношении средообразующая функция природной среды часто является более приоритетной, чем ресурсная. Методическая основа изучения средообразующей функции принципиально отличается от традиционных способов изучения ресурсной функции тем, что объектом изучения является основной самостоятельный структурный элемент биосферы – биогеоценоз, а предметом – качество выполняемых экологических функций. Функциональное состояние биогеоценозов предлагается оценивать по интегральным показателям: экологическая норма лесистости, фрагментация площади продуцирования биомассы, активность микробного дыхания почвы.

Показатели отражают экологическое состояние природной среды, достоверно определяются для каждой природной зоны без существенных затрат времени и ресурсов, могут быть использованы в качестве нормативных зональных характеристик. Средообразующая функция биогеоценозов оценивается в градациях: экологически недостаточная, достаточная и оптимальная, что позволяет принимать решение о допустимости ожидаемых воздействий на природную среду в связи с планируемым использованием территории.

Ключевые слова: *инженерно-экологические изыскания, биогеоценоз, средообразующая функция, оценка состояния природной среды.*

DOI: 10.17072/psu.geol.31.91

Степень разработанности проблемы

Планируемое развитие территории или строительство промышленного объекта предполагают предварительное изучение свойств компонентов природной среды локальных геосистем в составе инженер-

но-экологических изысканий в целях прогнозирования возможных воздействий и последствий намечаемой деятельности. В экологическом отношении локальные геосистемы соответствуют биогеоценозам. Биогеоценоз – это однородный участок земной поверхности с определенным со-

ставом живых организмов (биоценоз) и определенными условиями среды обитания (биотоп), которые объединены обменом веществ и энергии в целостный природный комплекс [12]. Биогеоценоз приурочен к конкретному геоморфологическому элементу ландшафта и является основным самостоятельным структурным элементом биосферы, отражающим комплекс зональных природных условий на различных участках. Состояние природной среды следует оценивать по биогеоценозам, закономерно сменяющим в ландшафте друг друга [15].

Методика оценки состояния биогеоценозов является важнейшей теоретической и практической задачей современности. Анализ литературы показывает, что исследователи описывают структуру биогеоценозов, причины и последствия изменений отдельных компонентов, степень антропогенного нарушения, но экологически наиболее важные функциональные характеристики практически не изучаются [9, 13, 14].

Проблема экспресс-оценки средообразующих функций биогеоценозов при инженерно-экологических изысканиях ставится впервые. В условиях ограниченного времени на прикладные исследования получение «мгновенного» снимка функциональных характеристик природной среды методически не разработано. В статье рассматривается методический подход к оценке функционального состояния биогеоценозов на основе интегральных показателей.

Теоретические основы выделения приоритетных функций биогеоценозов

Особенности строения и функционирования биосферы определяют качество жизни на конкретной территории, в частности средообразующую роль зонального биогеоценоза. Средообразующая функция биогеоценозов заключается в преобразовании физико-химических параметров среды в условия, благоприятные для существования живых организмов. Состав-

ными частями общей средообразующей функции, наиболее важными в экологическом отношении, являются функции продуцирования и деструкции вещества, а также биогеохимического обмена, определяющие круговорот жизни на Земле. Все эти функции – фундаментальное отражение эволюционного процесса – свойственны любому зональному биогеоценозам биосферы, характеризуют качество и этап развития биогеоценозов, могут быть достоверно оценены прямыми и косвенными методами в составе инженерных изысканий, а их развитие под влиянием природных и техногенных процессов предсказано.

Сбалансированность развития биогеоценозов изучалась сотрудниками института географии Российской академии наук, которыми предложены теоретические основы качественной и полуколичественной оценки устойчивости сложных систем, изложенные в Web-атласе «Россия как система» [2]. По результатам работ сделан вывод, что устойчивость природных систем определяется тремя группами параметров – объемом (биомассой наземных растений), продуктивностью (скоростью самовоспроизводства вещества системы) и структурной сбалансированностью. Продуцирование – это функциональная характеристика интегральных условий среды биогеоценоза, а не арифметическая сумма показателей биомассы, видов растительности, древесных ярусов, величины увлажнения почвы, ее механического состава, количества гумуса и т.п. Исследователями установлена четкая тенденция снижения фундаментальной средообразующей функции биогеоценозов и их устойчивости к внешним воздействиям в результате уменьшения лесопродуцирующих площадей. Техногенная фрагментация биотопов блокирует воспроизводство биоценозов, разрушает их субстрат – почвенный покров и изменяет направление миграционных потоков вещества. При фрагментации сократившаяся площадь местообитаний обеспечивает меньший размер популяций, который может быть

ниже критического значения. В максимальной степени фрагментация воздействует на состояние популяций поздне-сукцессионных эдификаторов [4]. В экосистемах отсутствуют механизмы адаптации к фрагментации, в то время как механизмы фрагментации обладают синергетическим эффектом [1].

Обзор проведенных исследований [16-23] доказывает, что признаками неустойчивости биогеоценоза являются его изолированность в пространстве, уменьшение площадей продуцирования вследствие утраты значительной части экологических функций и краевой эффект. Мелкие лесные фрагменты (площадью меньше 1,5 га) характеризуются катастрофическим и очень сильным уровнем деградации. Крупные фрагменты (площадью от 49 до 603 га и более) характеризуются слабым уровнем деградации лесной среды. В этом случае негативное влияние рубежей фрагментации проявляется в краевой (опушечной) зоне, ширина которой достигает 25-35 м [6]. Кроме уменьшения продуцирования существенно снижаются другие экологические функции – убежища и воспроизводства животных, качество кормовой базы в связи с ограничением миграции, ресурсообразующий водный и температурный режим территории.

В целях экспрессной оценки функционального состояния зональных биогеоценозов продуцирование биомассы наземных растений можно характеризовать, используя общую лесистость биогеоценоза. Продуцирование биомассы определяется лесистостью территории. На стволы деревьев приходится около 80 % общей фитомассы, на кроны – до 17 %, на листья – 3 %. Запасы фитомассы в живом напочвенном покрове и подстилке составляют соответственно 1,5 и 8 % общей массы органического вещества в насаждениях [3]. Следовательно, более 90 % фитомассы концентрируется в древесном ярусе, и именно фитоценоз в значительной мере определяет средообразующую функцию биогеоценоза. Показатели, которые характеризуют продуктивность основных рас-

тительных сообществ, могут служить для оценки функционирования биогеоценоза [5]. В частности, зональная лесистость территории является интегральным показателем качества средообразующей функции биогеоценозов.

Совместно с продуцированием основной функцией биогеоценоза, характеризующей его экологическое состояние, является деструкция вещества, которая происходит в почвенном покрове. Фундаментальные закономерности функционирования всей биосферы позволяют считать почву относительно самостоятельным компонентом биогеоценоза. В почве происходит взаимодействие живого и неорганического вещества, как в функционально общей системе, объединяющей твердую, жидкую и газообразную фазы вещества. Связи между всеми компонентами биогеоценоза – от геологической основы до приземного слоя атмосферного воздуха – проходят через почву. Главная функция почвенных микроорганизмов заключается в разложении поступающего в почву органического материала, трансформации и продуцировании веществ. Своей деятельностью в почве микроорганизмы (бактерии, грибы, вирусы и др.) разрушают одни соединения, органические и неорганические, и создают новые вещества, в том числе и газообразные, чем влияют на атмосферу и почву.

В случае экспрессного анализа биологической активности почв следует выбирать наиболее информативный показатель, отражающий интегральные условия среды. В пределах биогеоценоза, где территория является достаточно однородной по растительности, рельефу, геологической основе, морфологии почвы, она может быть признана однородной и по биологическим свойствам почвы [7]. Следовательно, действие интегрального показателя может быть распространено на весь исследуемый биогеоценоз. В каждой конкретной почве складываются своеобразные микробные ценозы, имеющие определенную структуру, но все они могут

быть оценены одним функциональным показателем – активностью дыхания.

Качество основной экологической функции почв в экспрессном виде можно определять по активности микробиологической деятельности, которая, в частности, фиксируется по активности дыхания микроорганизмов [8]. Активность дыхания интегрально отражает степень нарушения информационных, химических, физико-химических, биохимических и физических экологических функций и позволяет оценить состояние почвы как компонента биогеоценоза в конкретный период времени.

Методические основы оценки природных условий по функциональным характеристикам биогеоценозов

Фундаментальные основы функционирования биогеоценозов позволяют обосновать методические приемы их изучения, имеющие важное практическое значение при экспрессной оценке природных условий в составе инженерно-экологических изысканий. Проведенный обзор приоритетных функций биогеоценозов показывает, что они могут быть выражены через достаточно простые показатели, не требующие существенных затрат времени и ресурсов, но отражающие интегральные условия состояния биогеоценоза в конкретную стадию сукцессии. К таким показателям можно отнести площадь фрагментированных лесных участков биогеоценоза, норму лесистости зонального биогеоценоза, активность дыхания микробных сообществ почвы.

Для каждой конкретной природной зоны показатель оптимальной лесистости находится в соответствующих интервалах значений. Средний показатель оптимальной лесистости для страны с различными природными условиями – понятие бессмысленное. Значение имеет только показатель, рассчитанный для каждой природной зоны и подзоны, имеющий статус экологического норматива лесистости. Именно с этим нормативом следует срав-

нивать лесистость территории изучаемого биогеоценоза.

Понятие «экологическая норма лесистости» является принципиально важным, определяющим и рассчитывается по данным натурного обследования земель и материалам почвенных, геоботанических, лесоустроительных, землеустроительных изысканий, других проектных работ, связанных с картированием территорий и инвентаризацией природных ресурсов. Например, по результатам расчетов, проведенных для лесостепной зоны Казахстана, норма лесистости составляет 25 %, а для степной – 5,5 % [11].

Градация нормы лесистости в качественном выражении может быть представлена в следующем виде: экологически недопустимая, допустимая и оптимальная. Исследования, проведенные в Белгородской области России, подтверждают возможность ее использования. Лесистость речных бассейнов VI порядка разделяется на минимально допустимую и оптимальную [10].

Анализ результатов исследований позволяет предложить показатель «экологическая норма лесистости» для оценки функциональных свойств конкретного биогеоценоза при инженерно-экологических изысканиях. Сравняя показатель лесистости исследуемого биогеоценоза с экологическим нормативом лесистости природной зоны или подзоны, получаем степень отклонения лесистости от оптимального значения и соответствующую градацию нормы лесистости – экологически недопустимая, допустимая и оптимальная. Экологический норматив лесистости природной зоны в этом случае соответствует оптимальному значению. В целях экспрессной оценки функциональных свойств биогеоценоза с некоторой условностью весь интервал значений от 0 до оптимального зонального значения можно разделить на три равных интервала:

– экологически недостаточная норма лесистости от 0 до 33 %;

– допустимая норма лесистости от 34 до 65 %;

– оптимальная норма лесистости от 66 до 100 %.

Условность разделения заключается в том, что зависимость здесь не линейная, а функциональная, характерная для каждой природной зоны.

В рассмотренном выше примере, где рассчитанная норма лесистости для лесостепной зоны республики Казахстан составляет 25 %, экологически недостаточная норма лесистости находится в интервале от 0 до 8,25 %, допустимая норма – в интервале 8,5 – 16,25 %, а оптимальная норма лесистости составляет 16,5 – 25 %.

В соответствии с полученными значениями лесистости средообразующую функцию зонального биогеоценоза на период исследования можно оценивать как экологически недостаточную, достаточную для поддержания жизненных функций и оптимальную.

Фрагментация площади продуцирования биомассы также является интегральным показателем средообразующей функции изучаемых фитоценозов. При экспрессной оценке, когда установлено, что покрытая лесом площадь составляет фрагмент до 1,5 га, средообразующая функция экологически недостаточная, что приведет к деградации фитоценозов. В случае, когда лесной фрагмент представлен площадью от 1,5 до 50 га, средообразующая функция экологически допустимая, а более 50 га – оптимальная.

В теоретическом и прикладном отношении для характеристики качества биогеоценоза значительный интерес представляет оценка функционального состояния микробного сообщества почвы. Прямые методы определения микробного пула почвы малоэффективны. Активность дыхания отражает качество функционирования всего микробного сообщества и достаточно просто определяется. Количество продуктов метаболизма микроорганизмов позволяет интегрально оценить экологические условия их жизнедеятельности в почве и биогеоценоза в целом.

Активность микробного дыхания характеризуют по выделению диоксида углерода и сравнивают с активностью дыхания из проб аналогичных почв эталонных участков на особо охраняемых природных территориях (заказники, заповедники) соответствующей природной зоны.

Характеристику функционального состояния микробного сообщества почвы предлагается приводить в градации, аналогичной рассмотренным выше показателям:

– экологически недостаточная функция – от 0 до 33 % зональных эталонных значений выделяемой двуокиси углерода;

– экологически допустимая функция – от 34 до 65 %;

– оптимальная функция – от 66 до 100 %.

Предлагаемый методический подход позволяет за короткий период времени оценить функциональное состояние биогеоценозов как основных территориальных единиц организации биосферы.

Выводы

Биогеоценоз является основным самостоятельным структурным элементом биосферы, отражающим комплекс зональных природных условий на различных участках. Оценка функционального состояния биогеоценозов на основе интегральных показателей позволяет принимать решения о допустимости планируемых воздействий на территорию.

Средообразующая функция биогеоценозов имеет фундаментальное значение и определяется интегральными показателями: продуцированием и деструкцией органического вещества, степенью техногенного воздействия в виде изъятия площадей продуцирования биомассы, степенью фрагментации фитоценозов, активностью микробного дыхания почвы. Показатели достаточно просто определяются, не требуя существенных затрат, и позволяют оценить функциональные характеристики всего биогеоценоза.

Исследования выполнены в рамках базовой части государственного задания № 2014/153 в сфере научной деятельности при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

Библиографический список

1. Агаханянц П.Ф. Экологическая оценка фрагментации территории при проектировании дорожно-транспортных сетей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2003. 20 с.
2. Атлас биологического разнообразия лесов Европейской России и сопредельных территорий / ред. А.С. Мартынов. М.: ПАИМС, 1996. 144 с.
3. Грибов А.И. Средообразующая роль лесных экосистем юга Средней Сибири: монография. Абакан, 1997. 160 с.
4. Гусев А.П. Антропогенная трансформация ландшафтной структуры и лесные сукцессии // Известия БГПУ им. М. Танка. Сер. 3. 2013. №1. С. 24-28.
5. Дмитриев В.В., Огурцов А.Н. Подходы к интегральной оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. II. Методы интегральной оценки устойчивости наземных и водных геосистем // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 7. 2013. Вып. 3. С. 88-103.
6. Ивонин В.М., Пиньковский М.Д., Егшин А.В. Фрагментация горных лесов при размещении объектов Олимпиады-2014 // Лесное хозяйство. 2012. №1. С. 31-34.
7. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2003. 216 с.
8. Каменщикова В.И. Экологическое состояние и устойчивость почв таежно-лесной зоны к антропогенным воздействиям // Вестник Пермского университета. Биология. 2011. Вып. 1. С. 64-67.
9. Крайнов К.Н., Курманская А.В. Влияние почвенно-экологических условий Вармийской возвышенности на развитие луговой растительности // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сб. матер. IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием / под ред. С.П. Кулижского (отв. ред.), Е.В. Калласс, С.В. Лойко. Томск: ТМЛ-Пресс, 2010. Т.2. С. 108-111.
10. Кузьменко Я.В., Лисецкий Ф.Н., Кириленко Ж.А., Григорьева О.И. Обеспечение оптимальной водоохранной лесистости при бассейновой организации природопользования // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2013. Т. 15. № 3(2). URL: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2013/2013_3_652_657.pdf (дата обращения: 21.10.2014).
11. Методика определения экологического норматива лесистости в эколого-географическом районе при проведении экологического районирования территорий областей: Республиканский нормативный документ / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Казахстан. Кокшетау, 1998. 11 с.
12. Остроумов С.А. Новые варианты определения понятий и терминов «экосистема» и «биогеоценоз» // Докл. Рос. акад. наук. 2002. Т. 383, № 4. С. 571-574.
13. Паракишин Ю.П., Курманская А.В., Крайнов К.Н. Современное почвенно-экологическое состояние луговых ландшафтов Калининградской области // Перспективы освоения инновационных технологий в сельском хозяйстве на примере Калининградской области: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Калининград, 2011. С. 155-159.
14. Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. Т.1. Биогеоценозы и их компоненты / под ред. Р.В. Ковалёва. Новосибирск: Наука, 1974. 315 с.
15. Тихонов В.П., Караваяева Т.И. Геосистемная оценка экологических условий трассы линейного объекта при инженерно-экологических изысканиях // Инженерные изыскания. 2013. № 6. С. 62-66.
16. Báldi A., Vörös J. Extinction debt of Hungarian reserves: A historical perspective // Basic and Applied Ecology. 2006. Vol. 7. P. 289-295.
17. Boudreault C., Bergeron Y., Drapeau P., Lopez L.M. Edge effects on epiphytic lichens in remnant stands of managed landscapes in the eastern boreal forest of Canada // Forest Ecology and Management. 2008. № 255. P. 1461-1471.

18. Dickson James G. Wildlife of southern forests: habitat and management. WA USA: Hancock House Publishers, 2001. 473 p.
19. Gignac L.D., Dale M.R.T. Effects of fragment size and habitat heterogeneity on cryptogam diversity in the low-boreal forest of western Canada // *The Bryologist*. 2005. Vol. 108, № 1. P. 50-66.
20. Hedenes H., Ericson L. Species occurrences at stand level cannot be understood without considering the landscape context: cyanolichens on aspen in boreal Sweden // *Biological Conservation*. 2008. Vol. 141, № 3. P. 710-718.
21. Kuussaari M, Bommarco R, Heikkinen RK, Helm A, Krauss J, Lindborg R, et al. Extinction debt: a challenge for biodiversity conservation // *Trends Ecol. Evol.* 2009. Vol. 24. P. 564-571.
22. Rheault H., Drapeau P., Bergeron Y., Esseen P-A. Edge effects on epiphytic lichens in managed black spruce forests of eastern North America // *Canadian Journal of Forest Research*. 2003. Vol. 33, № 1. P. 23-32.
23. Yahner, Richard H. Eastern Deciduous Forest: Ecology and Wildlife Conservation. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2003. 279 p.

Using Functional Characteristics of Biogeocoenosis for Assessment of the Natural Environment Condition during Engineering Ecological Investigation

T.I. Karavaeva, V.P. Tikhonov

Natural Sciences Institute of the Perm State University, 4 Genkelya Str., Perm 614990, Russia. E-mail: georisk@psu.ru

Practical assessment of the natural environment conditions for engineering ecological investigations is primarily focused on the study of the environment components as a resource, e.g. water, soil, and vegetation contamination. Relating to ecology, habitat functions of the natural environment are more important than related to resource. Methodical basis of studying the habitat functions is fundamentally different from the traditional ways of studying the resource functions. The object of study is a biogeocoenosis, which is a major independent structural element of the biosphere, and the study subject is a quality of the ecological functions. Evaluation of the functional state of ecosystems is proposed to conduct using the integral indicators: ecological forest cover rate, fragmentation of biomass production areas, the activity of the microbial soil respiration. The indicators reflect the ecological conditions of the environment, can be reliably determined for each natural area in time- and resources saving manner, and may be used as a standard zonation characteristics. Habitat ecosystem function is estimated at the following gradations: environmentally insufficient, sufficient and optimal. This allows making a decision on the permissibility of the expected impacts on the environment due to the planned use of the territory.

Key words: environmental survey, biogeocoenosis, habitat functions, assessment of the natural environment.

References

1. Agakhanyants P.F. 2003. Ekologicheskaya ocenka fragmentatsii territorii pri proektirovanii dorozhno-transportnykh setey [Environmental assessment of the territory fragmentation for design of road networks]. Dis. kand. tekhn. nauk. St. Petersburg. (in Russian)

2. *Atlas biologicheskogo raznoobraziya lesov Evropeyskoy Rossii i sopredelnykh territoriy* [Atlas of forest biodiversity of European Russia and adjacent territories]. 1996. Moskva, PAIMS. (in Russian)
3. *Gribov A.I.* 1997. Sredooobrazuyushchaya rol lesnykh ekosistem yuga Sredney Sibiri [Environment-forming role of the forest ecosystems in southern part of Central Siberia]. Abakan, HGU. (in Russian)
4. *Gusev A.P.* 2013. Antropogennaya transformatsiya landshaftnoy struktury i lesnye suksessii [Anthropogenic transformation of landscape structure and forest succession]. *Izvestiya BGPU.* 3(1):24-28. (in Russian)
5. *Dmitriev V.V., Ogurtsov A.N.* 2013. Podkhody k integralnoy otsenke i GIS-kartografirovaniyu ustoychivosti i ekologicheskogo blagopoluchiya geosistem. II. Metody integralnoy otsenki ustoychivosti nazemnykh i vodnykh geosistem [Approaches to integrated assessment and GIS-mapping of stability and environmental sustainability of geosystems. II. Methods of integrated assessment the sustainability of land and water geosystems]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta.* 7(3):88-103. (in Russian)
6. *Ivonin V.M., Pinkovskiy M.D., Egoshin A.V.* 2012. Fragmentatsiya gornyykh lesov pri razmeshchenii obyektov Olimpiady – 2014 [Fragmentation of mountain forests for sitting of the facilities of Olympics - 2014]. *Lesnoe khozyaystvo.* 1:31-34. (in Russian)
7. *Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Valkov V.F.* 2003. Biologicheskaya diagnostika i indikatsiya pochv: metodologiya i metody issledovaniy [The biological diagnosis and soil indication: methodology and study methods]. Rostov na Donu, RGU, p. 216. (in Russian)
8. *Kamenshchikova V.I.* 2011. Ekologicheskoe sostoyanie i ustoychivost pochv taezhnolesnoy zony k antropogennym vozdeystviyam [Ecological condition and stability of soils of the taiga-forest zone to anthropogenic impact]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologiya.* 1:64-67. (in Russian)
9. *Kraynov K.N., Kurmanskaya A.V.* 2010. Vliyanie pochvenno-ekologicheskikh usloviy Varmiyskoy vozvyshennosti na razvitie lugovoy rastitelnosti [Effect of soil and environmental conditions on the development of Warmia upland meadow vegetation]. *In Otrazhenie bio-, geo-, antroposfernykh vzaimodeystviy v pochvakh i pochvennom pokrove.* Tomsk, TML-Press. 2:108-111. (in Russian)
10. *Kuzmenko Ya.V., Lisetskiy F.N., Kirilenko Zh.A., Grigoryeva O.I.* 2013. Obespechenie optimalnoy vodookhrannoy lesistosti pri basseynovoy organizatsii prirodopolzovaniya [Providing of optimum forest cover of water conservation for basin wildlife arrangement]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN.* 15(3(2)). URL: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestiya/2013/2013_3_652_657.pdf (visited 21.10.2014) (in Russian)
11. *Metodika opredeleniya ekologicheskogo normativa lesistosti v ekologo-geograficheskom rayone pri provedenii ekologicheskogo rayonirovaniya territoriy oblastey: Respublikanskiy normativnyy dokument* [Methodology of determining the environmental standard of the forest cover in ecogeographical area for environmental zoning of regional areas: Republican regulatory document]. 1998. Ministerstvo prirodnkh resursov i okhrany okruzhayushchey sredy respubliki Kazakhstan. Kokchetau. p. 11. (in Russian)
12. *Ostroumov S.A.* 2002. Novye varianty opredeleniya ponyatiy i terminov «ekosistema» i «biogeotsenoz» [New versions of the definition of concepts and terms "ecosystem" and "biogeocoenosis"]. *Doklady RAN.* 383(4): 571-574. (in Russian)
13. *Parakshin Yu.P., Kurmanskaya A.V., Kraynov K.N.* 2011. Sovremennoe pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie lugovykh landshaftov Kaliningradskoy oblasti [The contemporary soil-ecological state of the meadow landscapes of the Kaliningrad region]. *Proc. of conf. Perspektivy osvoeniya innovatsionnykh tekhnologiy v selskom khozyaystve na primere Kaliningradskoy oblasti.* Kaliningrad. GNU Kaliningradskiy NII selskogo khozyaystva Rosselkhozakademii. pp. 155-159. (in Russian)
14. *Struktura, funktsionirovanie i evolyutsiya sistemy biogeotsenozov Baraby.* Tom 1. Biogeotsenozy i ikh komponenty [Structure, functioning and evolution of ecosystems of the Baraba system. Volume 1. Biogeocoenoses and their components]. 1974. Novosibirsk, Nauka. p. 315. (in Russian)
15. *Tikhonov V.P., Karavaeva T.I.* 2013. Geosistemnaya otsenka ekologicheskikh usloviy trassy lineynogo obyektu pri inzhenerno-

- ekologicheskikh izyskaniyakh [Geosystem assessment of environmental conditions of the line object route during geotechnical investigations]. *Inzhenernye izyskaniya*. 6:62-66. (in Russian)
16. *Báldi A., Vörös J.* 2006. Extinction debt of Hungarian reserves: A historical perspective. *Basic and Applied Ecology*. 7:289-295. doi: 10.1016/j.baae.2005.09.005
 17. *Boudreault C., Bergeron Y., Drapeau P., Lo'pez L.M.* 2008. Edge effects on epiphytic lichens in remnant stands of managed landscapes in the eastern boreal forest of Canada. *For. Ecol. Manage.* 255(5-6): 1461-1471. doi: 10.1016/j.foreco.2007.11.002
 18. *Dickson James G.* 2001. *Wildlife of southern forests: habitat and management*. WA USA: Hancock House Publishers, p. 473.
 19. *Gignac L.D., Dale M.R.T.* 2005. Effects of fragment size and habitat heterogeneity on cryptogam diversity in the low-boreal forest of western Canada. *The Bryologist*. 108(1): 50-66.
 20. *Hedenes H., Ericson L.* 2008. Species occurrences at stand level cannot be understood without considering the landscape context: cyanolichens on aspen in boreal Sweden. *Biological Conservation*. 141(3): 710-718.
 21. *Kuussaari M, Bommarco R, Heikkinen RK, Helm A, Krauss J, Lindborg R, et al.* 2009. Extinction debt: a challenge for biodiversity conservation. *Trends Ecol. Evol.* 24: 564-571.
 22. *Rheault H., Drapeau P., Bergeron Y., Esseen P-A.* 2003. Edge effects on epiphytic lichens in managed black spruce forests of eastern North America. *Canadian Journal of Forest Research*. 33(1): 23-32.
 23. *Yahner, Richard H.* 2003. *Eastern Deciduous Forest: Ecology and Wildlife Conservation*. Minneapolis, University of Minnesota Press, p. 279.