

Развитие и взаимосвязи биоэкологии и геоэкологии

© 2010. С. А. Сладкопевцев, д.т.н., профессор,
Московский государственный университет геодезии и картографии,
e-mail: vp@miigaik.ru

В обзоре рассматриваются пути развития и достижения двух направлений экологии: биоэкологии и геоэкологии. Рассмотрено взаимодействие между этими направлениями.

The survey deals with the ways and achievements of development of two directions of ecology: bioecology and geoecology. The article considers interaction between these directions.

Ключевые слова: биоэкология, геоэкология, лесная растительность.

Key words: bioecology, geoecology, forest vegetation

Растительный покров Земли, также как и животный мир, при решении проблем экологии играет двоякую роль. Как объект исследования, находящийся под влиянием ряда природных и антропогенных факторов, он представляет интерес для *биоэкологии*. С другой стороны, являясь компонентом природной среды и влияя на состояние климата, гидрографии, почв и рельефа, растительность активно изучается в исследованиях *геоэкологического* направления. Учитывая тесные взаимосвязи двух указанных направлений экологии, можно дать оценку роли достижений биоэкологии в решении геоэкологических задач и, напротив, успехов геоэкологии в расширении аспектов биоэкологических исследований.

Ниже анализируются результаты исследований растительного покрова, полученные преимущественно за последние 10 лет в процессе подготовки докторских и кандидатских диссертаций. На наш взгляд, именно подобные результаты, как труднодоступные для широкого круга пользователей, заслуживают изучения и интерпретации в интересах двух упомянутых направлений экологии.

В фундаментальной и основополагающей для экологии работе В. Г. Горшкова [1] рассмотрены основы организации, устойчивости и эволюции биосферы как условий жизни. Физиология и развитие организмов и их сообществ являются предметом рассмотрения и представляют собой теоритические основы биоэкологии. В то же время исследования и выводы, сделанные в работе, имеют непосредственное отношение к вопросам антропогенных изменений экосистем и охраны природы, т.е. к проблемам геоэкологии. Труд В. Г. Горшкова представляет собой показательный при-

мер тесных связей основных функций биосферы – биоэкологической (самоорганизация, регуляция, энергетика) и геоэкологической (влияние на окружающую среду и её стабилизацию, передача внутренних возмущений на внешние условия).

Оценка современного состояния и состава растительного покрова Верхневолжья, тенденции его изменения под влиянием комплекса антропогенных факторов – цель работы Л. П. Груздовой [2]. Ценность работы – во всестороннем анализе антропогенных воздействий: вырубка, пожары, подтопление, сенокосение, рекреационное использование, загрязнение. Геоэкологические аспекты работы заключаются в изучении влияния растительности на формирование качества природных вод, процесса заболачивания, и зарастания водохранилищ. В результате представлена полноценная картина образования и развития природно-техногенных экосистем бассейна Верхней Волги с рекомендациями по программам рационального природопользования и охраны природы.

Ретроспективный анализ изменения лесов Подмосковья за последние три столетия проведён в работе С. Н. Голубчикова [3]. При рассмотрении экологических последствий лесопользования обращается внимание на омоложение лесов, расширение площадей хвойных и берёзово-осиновых культур за счёт липово-дубовых, ухудшение свойств лесных почв, расширение сезонной мерзлоты, возрастание поверхностного стока и исчезновение 30% родников и малых рек. Таким образом, изменение лесов стало мощным фактором дифференциации ландшафтной структуры региона.

Крупный вклад в биоэкологию внесён исследованиями болотных систем В. В. Пановым [4]. В числе основных решаемых задач можно назвать определение структуры болот (фации и вертикальная зональность торфяников), факторов их развития (рост, саморегулирование, круговорот вещества), процессов торфообразования (классификация и диагнез торфа, его водно-минеральное питание). Предложена классификация структурных моделей торфяника, предложены модели, в которых отражены форма и неоднородность торфяной залежи, её прочность, распределение напряжений и характер роста. Особенности болотных систем, их структура, динамика и способность к адаптации, определяют их реакцию на внешнее воздействие, в том числе антропогенное. В связи с этим дана геоэкологическая оценка состояния выработанных торфяных болот и их классификация. Одновременно с определением ранга техногенного воздействия рассчитаны примерные скорости восстановления болот. Исследования завершаются схемами регенерации торфяных болот и их основными условиями. Дана многоплановая оценка последствий эксплуатации и регенерации торфяников для природопользования, восстановления биоразнообразия, условий жизнедеятельности и экологической безопасности.

Проблемам создания и сохранения экологических сетей (каркасов) на примере Орловской области посвящена работа О. М. Пригоряну [5]. Представлен анализ растительных сообществ лесного, лесостепного и лугово-степного типов с оценкой доли редких и охраняемых видов растений. Составлены карты экологических ядер и коридоров, образующих сети. Результатом исследований явилось выделение зон наилучшей нагрузки на природные экосистемы, территории перспективные с точки зрения сохранения биоразнообразия, а также разработка системы охраняемых природных территорий Орловской области.

Фитоценотическое разнообразие и динамика лесной растительности Московской области оценены в работе Я. Набиоллах [6]. В результате инвентаризации и картографирования в разных масштабах выявлены ландшафтные связи и состояние растительного покрова, определены экологические функции лесов. Даны рекомендации для организации заповедного режима территорий разного статуса в целях создания их экологического каркаса.

В работе О. Н. Липки [7] на примере Северо-Западного Кавказа было проведено ботанико-географическое изучение флористического богатства и биоразнообразия растительности. Уточнена высотно-поясная структура и обоснована уникальность экосистем региона. Значение работы для геоэкологии заключается в оценке антропогенных факторов, воздействующих на растительность: пожаров, вырубок лесов, добычи полезных ископаемых, прокладки дорог, выпаса и сбора редких растений. По степени нарушения были выделены 4 категории растительных сообществ. На этом основании даны рекомендации по охране природы и рациональному природопользованию.

Инвентаризация типологического разнообразия биома восточно-европейских широколиственных хвойных лесов позволила Е. В. Булдановой [8] выявить основные особенности фитоценотической структуры лесного покрова и его региональных подразделений. По материалам исследования был разработан унифицированный паспорт биома, а также система карт как научная база для обеспечения мониторинга лесов. Интересам геоэкологии отвечает оценка репрезентативности существующей сети особо охраняемых природных объектов и рекомендации по расширению этой сети.

В процессе изучения бореальных лесов европейской территории России М. В. Зминым [9] были предложены новые методические подходы. Для оценки экологических функций лесов была выявлена закономерность сочетания параметров продуктивности и депонирования углерода. Изучение средообразующих функций лесов позволило подойти к решению задач рационального природопользования, управления территориями и обоснований инвестиций в строительство хозяйственных объектов. Комплексное рассмотрение вопроса экологических функций растительного покрова базируется на учёте влияния климата, геологического строения, рельефа и почв. Экологические принципы, используемые в работе, придают ей ярко выраженную геоэкологическую направленность.

Рассмотрим ряд работ, где использование аэрокосмических методов в решении задач биоэкологии и геоэкологии является приоритетным и приводит к новым важным выводам. Работами охвачены различные регионы России и соседних государств.

Структура лесных фитоценозов, их восстановительная и возрастная динамика с ис-

пользованием аэрофотоснимков изучалась Н. Н. Зинчуком [10] на примере ряда труднодоступных залесённых регионов Европейской России и Сибири. При этом в качестве важного показателя состояния и возраста древостоев выбрано расстояние между деревьями. Этот показатель определяется путём микрофотометрического анализа аэрофотоснимков и поэтому обеспечивает оценку древостоев на больших площадях. Используемая методика применялась для уточнения топографического картографирования лесов, оценки их бонитета и состояния в качестве критерия экологической обстановки природно-техногенных экосистем.

Изучение распространения лесов, изменений их площадей за последние 100–200 лет и причин этого – важные вопросы биоэкологии и геоэкологии. Один из эффективных путей решения этих задач – совместный анализ старых картографических материалов и разновозрастных космических снимков. Подобную работу выполнила И. В. Кукса [11] для европейской территории России. Основным результатом работы явилась карта, где показаны площади уменьшения лесистости в связи с лесозаготовками и сельскохозяйственным освоением и площади увеличения лесов на заброшенных пахотно-сенокосных угодьях. Подсчитано, что доля сократившихся лесных площадей в целом равна доле появившихся. Обезлесение характерно для территории северной и средней тайги, а появились преимущественно южнотаёжные и широколиственные леса.

На примере залесённых и заболоченных земель Беларуси Ю. М. Обуховским [12] была разработана система ландшафтных индикаторов. Экстраполяция дешифровочных признаков, полученных на эталонных участках, позволила провести районирование территорий страны. Результатом работы явилось также изучение внутриландшафтных связей природно-территориальных комплексов и особенностей морфогенеза в нарушенных лесоболотных ландшафтах (деградация торфяной залежи, трансформация нанорельефа, активизация склоновых процессов). По архивным и картографическим материалам прослежена динамика комплексов за последние 200 лет, по снимкам за период 40–45 лет. По перспективным планам развития даны сообщения прогнозного характера.

В целях разработки системы мониторинга лесных пожаров Е. Н. Куликом [13] было проведено изучение структуры лесов Новоси-

бирской области. Дана оценка условий и степени пожароопасности, проведён расчёт вегетационных индексов и площадей поражения лесов. На региональном уровне разработана методика выявления сезонных изменений вегетации и построения прогнозных карт по индексам зеленоцветности. Показано, что методы дистанционного зондирования эффективны при картографировании контуров пожаров через слой дыма и полог древостоя, при обнаружении естественных преград тушения крупных очагов, при оценке послепожарного состояния лесов. Таким образом, данная работа нацелена на одновременное решение биоэкологических, геоэкологических, ресурсных и природоохранных задач.

Леса охраняемых природных объектов – национальных парков, заповедников – представляют собой предмет особого внимания биоэкологов как территории сохранившегося генофонда растительного покрова и мало изменённых природных экосистем. В этих целях на площадях национальных парков Куршская коса, Водлозерский и Лосиный остров С. В. Князевой [14] были определены такие показатели как лесистость и целостность лесопокрываемых ареалов, доля коренных пород и обнажённых площадей, заболоченность. Использование методов автоматизированного дешифрирования показало, что достоверность определения перечисленных показателей довольно высока и варьирует в пределах 65–90%. Основой распознавания состава насаждений было составление гистограмм распределения значений вегетационных индексов. Были установлены связи индексов с породным составом лесов, их возрастом и высотой, диаметром стволов и крон. Изучение экосистем Куршской косы завершилось созданием весьма информативной карты с полноценным отражением всех компонентов природной среды. Оригинальным выглядит разделение экосистем на две части – фитоценозы и экотопы (грунты, рельеф, почвы, увлажнение). Обеспечение экологического мониторинга представлено разнообразными картами динамики, которые оценивают роль естественных (ветровалы, заболачивание) и антропогенных (облесение и закрепление песков) факторов состояния экосистем на протяжении ряда лет.

Изучение структуры и состояния зелёных насаждений мегаполисов позволяет оценить их роль в создании микроклимата и качества среды обитания городского населения, а также их архитектурно-эстетические

функции. Подобная работа была выполнена Н. А. Подгорной [15] на примере московской городской агломерации. Среди решаемых задач следует отметить составление экологических паспортов площадей зелёных насаждений и разработку информационного обеспечения аэрокосмического мониторинга объектов «зелёного пояса» Москвы. В процессе мониторинга рекомендуется увязывать физико-биологические свойства растений с градостроительными характеристиками озеленённых территорий и общим состоянием окружающей среды.

В южных регионах Западной Сибири мелколиственные леса подвержены вымоканию – деградации под влиянием длительного застоя воды, подъёма уровня грунтовых вод, заболачиванию и засолению почв. С использованием материалов более ранних исследований и технологии дистанционных методов А. С. Черепановым [16] были составлены карты динамики распространения лесов за период 1987–2006 гг. и площадей лесов, находящихся на разных стадиях вымокания. Выявлена связь ареалов вымокания с транспортными магистралями, а также с древними долинами и ложбинами поверхностного стока.

Наглядными примерами того, как меняются в сторону расширения задачи биоэкологии, служат исследования лесов на территориях активного освоения и сильного антропогенного воздействия на природную среду. С использованием методов дистанционного зондирования такие работы были проведены в московской области С. С. Барталёвым [17]. Оценивались структура лесных насаждений, изменения их породного состава и лесистости в результате пожаров и вырубок. Были получены относительные показатели обеспеченности растений хлорофиллом и влагой, что в значительной степени определяет физиологическое состояние лесов. Особенно ярко это проявляется у хвойных насаждений, которые более чувствительны к загрязнению окружающей среды. Важным результатом исследования явились карты лесов – инвентаризационная и экологическая, которые целесообразно использовать как базу данных для организации системы мониторинга и решения задач охраны природы.

Бореальные леса планеты выполняют ресурсную и экологическую роль на глобальном уровне, но также значимые социальные и экономические последствия. Решение задач оценки, сохранения и прочного состояния се-

верных лесов на огромных площадях невозможно без использования автоматизированных технологий мониторинга по спутниковым данным. Методика и реализация подобных исследований представлена на примере разработки системы мониторинга растительного покрова Северной Европы В. А. Егоровым [18]. Новизной работы является комбинированное использование спектральных и температурных характеристик залесённых площадей. Полученные результаты вошли в общую систему мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства Министерства природных ресурсов РФ.

Появление и быстрое размножение насекомых-вредителей, в частности Сибирского шелкопряда приводит к повреждению и последующей гибели лесов. Эти процессы меняют состояние древостоя и спектральные характеристики растительности, что дешифрируется на космических снимках. В целях совершенствования технологии дистанционных методов Н. В. Королёвой [19] были проведены исследования поражённых лесов на территориях Красноярского края и Иркутской области. Эксперименты показали, что снимки низкого разрешения (1–4 км) дают значительные погрешности в определении площадей повреждения, а использование высокоточной информации локального уровня (10–30 м) затрудняет экстраполяцию данных на большие площади. Наиболее эффективным оказалось использование снимков с разрешением 25–1000 м, позволяющее одновременно решать задачи регионального и национального масштаба. Общая достоверность определения площадей повреждения составила 96,03%. При этом ошибки пропуска цели и ложных тревог составляют 3,97% и 0,87% соответственно.

Переход на исследование лесов в крупнорегиональном и глобальном масштабах требует более внимательного учёта неоднородности спектрально-отражательных и ряда физических характеристик однотипных видов растительного покрова. В ряде случаев необходимы методы объединения объектов по сходным признакам и создание локально-адаптивной системы классификации признаков дешифрирования. На примере залесённых территорий России подобная работа была проведена И. А. Уваровым [20] с использованием спутниковой информации среднего разрешения (250–1000 м). Итогом исследования явилась карта растительного покрова России, превосходящая по детальности ранее составленные.

Представленный программный комплекс позволяет получать временные серии карт аналогичного типа, что может служить основой государственной и глобальной систем экологического мониторинга.

В целях освещения актуальных проблем геоэкологии К. И. Лопатиным и С. А. Сладкопевцевым [21] были рассмотрены их типы, причины появления, масштабность во времени и пространстве, вероятность решения. Такие аспекты как классификация и границы экосистем, их устойчивость и прогноз развития, территориальные проблемы и системы охраны природы относятся к сфере интересов биоэкологии. Вопросы нормативов и показателей напряжённости экологических обстановок, оценки антропогенного влияния на окружающую среду, проблемы городов в большей мере отвечают интересам геоэкологии. Подчёркивается, что оба направления экологии используют современные методы исследования и совместно обеспечивают системы экологического образования.

На основании приведённого выше обзора можно сделать следующие выводы:

- В рассмотренных работах отражены новейшие достижения в решении задач экологии. Об этом свидетельствует широкое использование современных методов исследования: дистанционных, картографических, создание систем мониторинга, автоматизированных банков данных, экологических паспортов и моделей.
- В свою очередь успехи науки и запросы практики стимулируют совершенствование применяемых и появление новых методов.
- Важные в методическом и практическом отношении достижения расширяют круг интересов биоэкологии. Фитоценозы и биомы рассматриваются с позиций их динамики, антропогенных изменений, устойчивости к внешним воздействиям, создания систем охраны и управления природой.
- Результаты исследований указывают на последовательное сближение интересов биоэкологии и геоэкологии, их взаимное обогащение. Для биоэкологии – это прежде всего получение огромной информации о влиянии техногенеза на состояние растительности. Для геоэкологии важны данные о влиянии антропогенно-изменённых растительных сообществ на грунты, рельеф, почвы, поверхностный сток и в целом на состояние экосистем.

Задачи биоэкологии и геоэкологии сближаются также при решении социально-экономических вопросов.

– Не отрицая важности конкретных узкоспециализированных исследований, следует констатировать возрастающее значение решений комплексных задач, где используется потенциал не только экологии в целом, но и многих смежных наук. Стимулом для подобной интеграции являются усложняющиеся экологические проблемы регионального, континентального и глобального масштабов.

Литература

1. Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. М. 1995. 470 с.
2. Груздева Л.П. Растительный покров бассейна Верхней Волги – состав, динамика, картографирование, стратегия охраны: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. 1992. 58 с.
3. Голубчиков С.Н. Лесопользование как фактор формирования экологической среды Западного Подмосковья: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. 1996. 30 с.
4. Панов В.В. Геоэкологические основы регенерации торфяных болот: Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. 2003. 44 с.
5. Пригоряну О.М. Биогеографические основы экологической сети Орловской области: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. 2004. 24 с.
6. Яралидарани Набиоллах. Динамика и современное состояние хвойно-широколиственных лесов Московской области: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. 2004. 24 с.
7. Липка О.Н. Ботаническое разнообразие и современное состояние растительности хребта Маркотх (Северо-Западный Кавказ): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. 2006. 24 с.
8. Булдакова Е.В. География ботанического разнообразия биомы восточноевропейских широколиственных лесов: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. 2009. 24 с.
9. Зимин М.В. Разработка методики картографирования средообразующих функций бореальных лесов европейской России: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. 2009. 24 с.
10. Кукса И.В. Исследование динамики распространения лесов по космическим снимкам и старым картам: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. 1993. 24 с.
11. Зинчук Н.Н. Структурный анализ аэрофотоснимков при изучении динамики и картографировании лесной растительности: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. 1989. 22 с.
12. Обуховский Ю.М. Дистанционная индикация лесо-болотных ландшафтов Беларуси: Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. 1997. 34 с.

13. Кулик Е.Н. Разработка и исследование системы мониторинга лесных пожаров по материалам космических съёмки (на примере Новосибирской области): Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 2000. 24 с.

14. Князева С.В. Картографо-аэрокосмический мониторинг лесов национальных парков: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. 2006. 26 с.

15. Подгорная Н.А. Разработка информационного обеспечения аэрокосмического мониторинга зелёных насаждений мегаполиса: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 2008. 24 с.

16. Черепанов А.С. Методика картографирования вымывания лесов по космическим снимкам (на примере территории Курганской области): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. 2008. 24 с.

17. Барталёв С.С. Разработка методики региональной экологической оценки состояния лесов по данным

спутниковых наблюдений: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 2006. 24 с.

18. Егоров В.А. Мониторинг повреждений растительного покрова Северной Евразии пожарами по данным спутниковых наблюдений: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 2006. 24 с.

19. Королёва Н.В. Разработка и исследование методов и алгоритмов обработки космических снимков с целью оценки степени повреждения лесов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 2009. 24 с.

20. Уваров И.А. Разработка и использование технологии локально-адаптивной классификации данных спутниковых наблюдений для распознавания типов земного покрова. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 2010. 24 с.

21. Лопатин К.И., Сладкопеев С.А. Проблемы геоэкологии. Москва: МДВ, 2008. 258 с.