

УДК 332.62:630(470.5+571.1)

DOI: 10.33764/2411-1759-2019-24-2-170-182

СИСТЕМНЫЙ МОНИТОРИНГ И КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ В ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНАХ (НА ПРИМЕРЕ УРАЛА И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

Татьяна Анатольевна Лебедева

Уральский государственный горный университет, 620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 30, кандидат технических наук, ст. преподаватель, e-mail: taranova.ekb@bk.ru

Рассмотрена необходимость проведения системного мониторинга и комплексной оценки лесных земель в промышленных регионах (на примере Урала и Западной Сибири). Представлена методология системного мониторинга и комплексной оценки лесных земель на базе концепции устойчивого развития территорий и биотической регуляции окружающей среды, при учете широкопространственных и долговременных последствий природо-землепользования, моделирования природных объектов, явлений и процессов, совмещения процедур сбора и обработки данных с моделями структурных элементов лесных земель с алгоритмами прогноза и принятия решений. Рассмотрены научно-технологические принципы системного мониторинга и информационного обеспечения комплексной оценки лесных земель в промышленных регионах. Даны результаты использования обоснованной методологии и предложенных принципов системного мониторинга и комплексной оценки лесных земель в промышленных регионах при решении практических задач: обосновании концепции экологической безопасности развития территории Среднего Урала, роли природного потенциала лесных земель в структуре национальных счетов, формировании устойчивого недропользования.

Ключевые слова: лесные земли, системный мониторинг, комплексная оценка, промышленные регионы, устойчивое развитие, биотическая регуляция, моделирование природных объектов, явлений, процессов, алгоритмы прогноза, алгоритмы принятия решений.

Введение

Лесные земли как объект системного мониторинга и комплексной оценки в промышленных регионах:

– представляют собой продукт биологических и геохимических процессов на поверхности нашей планеты [1], в результате которых образовался почвенный покров [2–4] с обусловленным содержанием химических элементов (в том числе тяжелых металлов) и естественным уровнем радиации [5];

– являются основой формирования в прошлом коренных типов леса, сохраняющих генетическую «память» о поддержании условий устойчивого развития лесного покрова территории [6];

– в настоящее время в результате антропогенного и техногенного воздействия представляют экологические системы условно коренных и различных производных лесонасаждений [7, 8];

– являются источником природных благ: ресурсов в виде различных вещественных объектов, средоформирующих функций, обеспечивающих благоприятные условия для биоты и материального производства, и социальной ро-

ли, способствующей удовлетворению духовных и эстетических потребностей общества [9];

– в промышленных регионах являются основными аккумуляторами и преобразователями техногенных загрязнений окружающей среды (промышленных газов, техногенных аэрозолей, пыли и радиации) [10];

– в настоящее время [11] являются важнейшим «участником» процесса глобального изменения климата (повышения температуры на планете), регулируя на суше потоки атмосферного воздуха, гидрологический режим территории, формируя характеристики (параметры) теплового баланса территории [12–14].

Необходимость проведения системного мониторинга и комплексной оценки лесных земель в промышленных регионах вызвана следующими причинами:

– возрастающей экологической значимостью лесных земель как основы биотической регуляции на данной территории (трансформация лесных земель ведет к нарушению гидрологического режима территорий, разрушению почв, деградации коренной фауны и флоры);

– незаменимостью лесных земель (лесов) как главного поглотителя и нейтрализатора промышленных загрязнений воздуха, почвы, воды на техногенно освоенной территории (на Среднем Урале в год в атмосферу поступает 1,6–1,9 млн т загрязнений, сливается в водные объекты 800–1 000 млн м³ загрязненных вод; в Западной Сибири происходит в год 1 300–1 500 разливов нефти и нарушается 320–260 га земель) [11];

– увеличивающимися интересами землепользователей (природопользователей) в переводе лесных земель лесного фонда в земли иных категорий (на Урале, главным образом, в земли промышленности и в земли транспорта) и недр (в Западной Сибири открыто 455 месторождений нефти на землях лесного фонда) в иные виды пользования;

– недостаточным существующим научно-методическим обеспечением системного мониторинга земельно-оценочных работ по лесным землям, не отражающим в полной мере общественную (а не только с позиций индивидуальных землепользователей) значимость природно-ресурсного потенциала земель;

– мониторинговые и оценочные работы по лесным землям в настоящее время не соответствуют современным положениям Концепции устойчивого развития территорий.

Методы

Методология системного мониторинга и информационного обеспечения комплексной оценки лесных земель в промышленных регионах базируется:

– на фундаментальных научных положениях Концепции экологически устойчивого развития территорий, основой которых является биотическая регуляция окружающей природной среды [15];

– учете широкопространственных и долговременных последствий природо-землелесопользования на лесных землях в промышленных регионах [16, 17];

– математическом моделировании природных объектов, явлений и процессов на лесных землях в пространстве (динамика соотношений древостоев по породному составу и типов лесовосстановления в производных лесах) и во времени (изменения биометрических и биопродукционных параметров лесных земель) [18, 19];

– совмещении процедур сбора и обработки данных с моделями структурных элементов лесных земель [18, 20] и с алгоритмами прогноза и принятия решений [21] в сфере использования лесных земель в промышленных регионах (Урале и Западной Сибири).

На рис. 1 и 2 приведены типы восстановительной динамики хвойных и лиственных лесонасаждений на Среднем Урале, иллюстрирующие концепцию экологически устойчивого развития территорий и учет широкопространственных и долговременных последствий и позволяющие осуществлять моделирование лесных объектов, явлений и процессов и принимать соответствующие решения в сфере лесопользования.

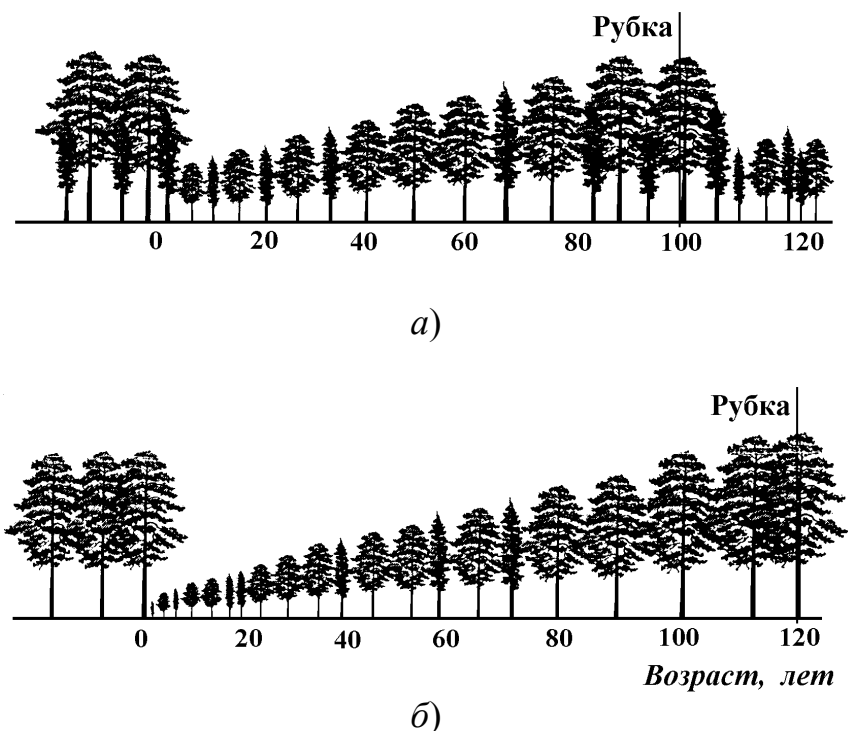


Рис. 1. Типы восстановительной динамики коренных и условно-коренных хвойных насаждений:

а) из подроста предварительной генерации; б) при последующем возобновлении

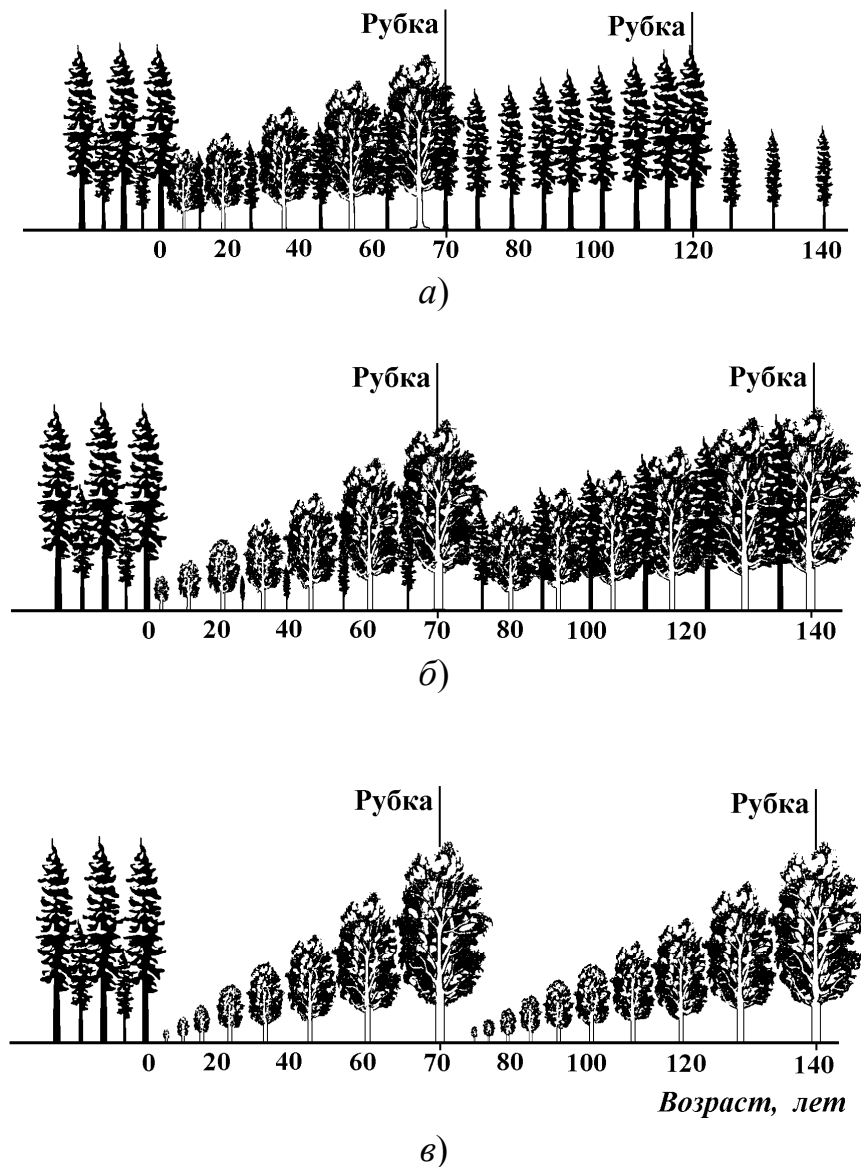


Рис. 2. Типы восстановительной динамики производных лиственных насаждений:

а) коротко-производные; б) длительно-производные; в) устойчиво-производные

Результаты

Основные научно-технологические принципы системного мониторинга лесных земель в промышленных регионах, учитывающие степень трансформации природных (лесных) объектов, изменения природных явлений в лесных экосистемах и изменения характера лесообразовательных процессов, включают [22]:

– фиксацию и сбор показателей лесных земель; перечень основных натуральных показателей экологического потенциала (средоформирующих функций) лесных земель дан в табл. 1;

- накопление и систематизацию показателей лесных земель; на рис. 3 и 4 приведены полученные гистограммы изменения высоты (относительной) древостоев и текущих приростов по запасу древесины на Среднем Урале;
- представление информации по лесным землям в соответствии с особенностями территорий (система классификаторов лесных земель при мониторинге приведена в табл. 2);
- прогнозирование изменения параметров лесных земель в промышленных регионах (возможные типы лесовосстановительных смен по группам типов леса (сосняков) даны в табл. 3).

Таблица 1

Натуральные показатели средоформирующих функций лесных земель

Средоформирующие функции лесных земель	Натуральные показатели функций (качественные и количественные)
Поддержание состава воздуха атмосферы	Средние периодические приросты древесины. Коэффициенты соизмерения прироста фитомассы отдельных компонентов лесонасаждений. Способность поглощать CO ₂ и выделять O ₂ . Коэффициенты, корректирующие эту способность. Объемный вес древесины
Водоохранно-водорегулирующая	Показатели атмосферных осадков. Средние многолетние показатели речного стока. Высота древостоев. Коэффициенты, корректирующие рельеф и заболоченность водосбора, породу деревьев, возраст лесонасаждения, его полноту и бонитет
Климатоформирующая	Скорость ветра, температура и влажность воздуха и почвы, испарение влаги с поверхности почвы и количество заморозков, накопление снега
Почвообразующая	Средний запас и товарная ценность древесины на почвах разной биопродуктивности. Коэффициенты снижения среднего запаса и товарной ценности древесины при эрозии почв
Средозащитные функции (воздухоочистительная, почвозащитная, водоочистительная)	Минимальная ширина защитных зон (полос) леса. Способность лесной растительности поглощать из воздуха атмосферы газообразные, аэрозольные загрязнения и пыль. Способность напочвенного покрова и воды задерживать загрязнения. Способность лесной растительности противостоять водной эрозии почв
Ресурсорезервационная	Показатели особо защитных участков леса по воспроизводству лесной растительности, воды и лесной фауны, по сохранению водных источников
Информационная	Показатели отдельных категорий защитности лесов, всех лесов на особо охраняемых природных территориях (по сохранению информации на генетическом, видовом и экосистемном уровнях)

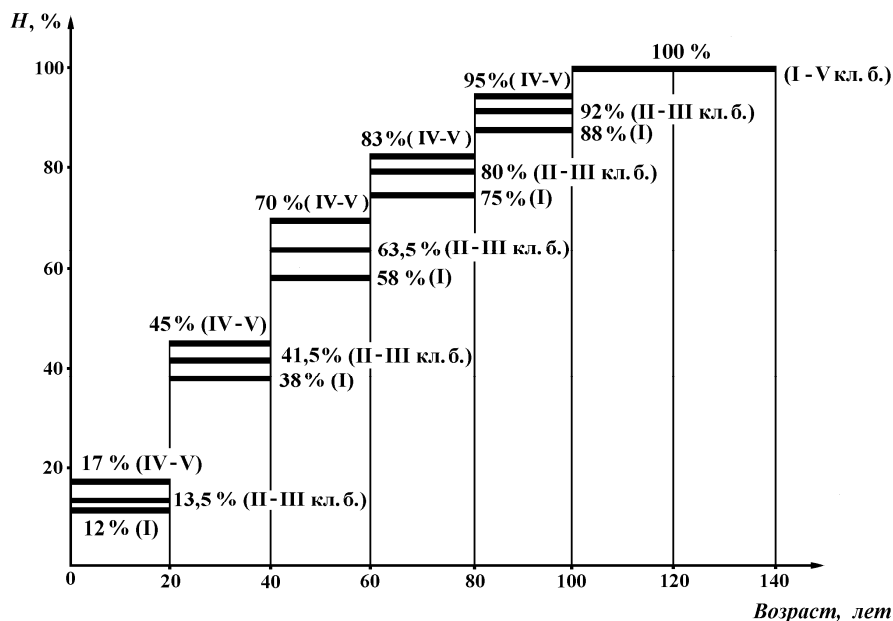


Рис. 3. Гистограммы изменения относительной высоты хвойных лесонасаждений на Среднем Урале по классам возраста (после обработки данных Е. П. Смолоногова [7])

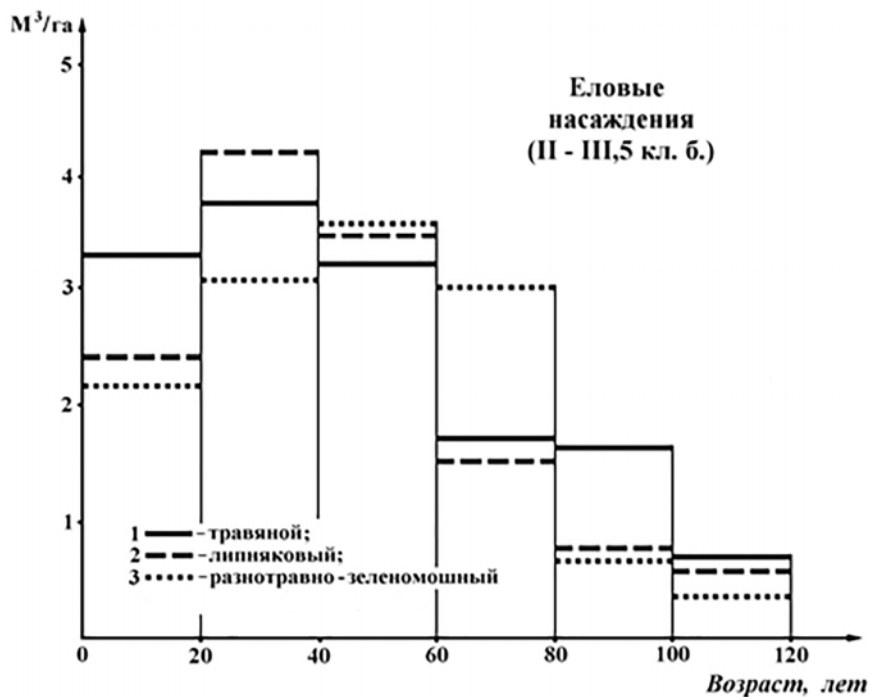


Рис. 4. Гистограммы изменения текущих периодических приростов по запасу древесины в ельниках Среднего Урала (после обработки данных Е. П. Смолоногова [7])

Таблица 2

Система классификаторов участков лесных земель при земельно-оценочных работах

Категории земель	Виды функционального (рекреационного) использования лесных участков	Природные (лесные) блага	Виды оцениваемых эффектов		
			начальный	промежуточный	конечный
Земли сельскохозяйственного назначения	Эксплуатационные леса Заросшие сельскохозяйственного назначения	Лесные ресурсы Поглощение CO ₂ Выделение CO ₂	Круглые лесоматериалы	Пиломатериалы	Здания, сооружения
Земли населенных пунктов	Рекреационные (зеленые) зоны Лесопарки Памятники природы	<i>Средообразующие функции</i> (климат, почва) <i>Средозащитные функции</i> (воздух, вода, почва) <i>Социальные функции:</i> – воспитательно-образов. функция; – эстетическая функция	Рекреационные нагрузки		Уровень заболеваемости населения. Продолжительность жизни Индекс человеческого потенциала
Земли лесного фонда	Резервные леса Эксплуатационные леса Защитные леса: – виды защитных лесов; – особо защитные участки леса	Лесные ресурсы Средообразующие функции (климат, почва) Средозащитные функции (воздух, вода, почва). Социальные функции	Крупные лесоматериалы: – щепа; – топливо Рекреационные нагрузки	Пиломатериалы, плиты, целлюлоза	Здания, сооружения, дома, мебель, бумага, картон Уровень заболеваемости населения. Продолжительность жизни

Научно-технологические принципы информационного обеспечения комплексной оценки лесных земель в промышленных регионах включают:

– обоснование и накопление обобщающих эквивалентов параметров лесных земель по ресурсному потенциалу производных лесов, по характеристикам средоформирующих и социальных функций лесных земель на территориях длительного техногенного влияния (загрязненных, трансформированных, нарушенных), позволяющих достоверно оценить общественную (экологическую, социаль-

ную) и экономическую значимость участков лесных земель в широкопространственном и долговременном аспектах природопользования (земли и леса);

Таблица 3

Возможные типы лесовосстановительных смен по группам типов сосняков (после обработки данных Е. П. Смолоногова [7], Б. П. Колесникова и др. [16])

Группа типов леса	Сосняки		Ельники	
	с подростом предварительной генерации	без подроста предварительной генерации	с подростом предварительной генерации	без подроста предварительной генерации
Брусничная	1	2; 3	–	–
Ягодниковая	1	2; 3	1; 3	3; 4; 5
Липняковая	1; 3	4; 5	3	5
Разнотравная	1; 3	4; 5	3	4; 5
Травяно-зеленомошная	1; 3	4; 5	1;3	3; 4; 5
Крупнотравно-приручейная	–	–	3	4; 5
Мшисто-хвощовая	1; 3	4; 5	1; 3	4; 5
Сфагновая, травяно-болотная	1; 3	4; 5	3	4; 5

Примечание. Условные обозначения типов лесовосстановительных смен: 1 – условно-коренные хвойные из подроста предварительной генерации; 2 – условно-коренные хвойные при последующем возобновлении; 3 – коротко-производные лиственные; 4 – длительно-производные лиственные; 5 – устойчиво-производные лиственные.

– обоснование и построение критерия комплексной оценки лесных земель в промышленных регионах, отражающего уровни трансформации (смена коренных природных систем на лесных землях на производные), нарушенности (изменение состава лесонасаждений) и деградации лесных земель (снижение значений биометрических параметров, сокращение продукционных процессов);

– учет пространственно-временной динамики развития и использования лесных земель на интенсивно осваиваемых территориях, в условиях техногенных воздействий (влияние накопленного экологического вреда) и возникновение современных вызовов и рисков (информация представлена на рис. 1–4);

– использование алгоритмов принятия решений в сфере использования лесных земель; выбор стратегических приоритетов и индикаторов устойчивого землепользования, определение «коридоров» допустимого использования лесных земель в конкретных природно-климатических и социально-экономических

условиях, согласование индивидуальных интересов использования лесных земель с общественными предпочтениями и многокритериальная оптимизация использования лесных земель на основе экологических, социальных и экономических показателей.

Заключение

Обоснованная методология и разработанные принципы системного мониторинга и информационное обеспечение комплексной оценки лесных земель использованы при решении практических задач устойчивого землепользования в промышленных регионах:

– в обосновании Концепции экологической безопасности развития территории Среднего Урала (грант РГНФ № 14-12-66022);

– при анализе сопоставимости стоимости природного потенциала лесных земель с показателями национальных счетов и регионального (производственного) богатства (грант РГНФ № 14-12-66024);

– в сфере формирования устойчивого недропользования в промышленных районах Урала и Западной Сибири (гранты РНФ № 14-18-00564 и РФФИ № 17-06-00433).

В табл. 4 представлены результаты расчета по комплексной эколого-экономической оценке растительного покрова (лесных экосистем) на территории планируемой разработки Собственно-Качканарского месторождения железных руд, подлежащего коренной трансформации (вырубка древостоев, снятие почвенного слоя).

Таблица 4

Комплексная эколого-экономическая оценка растительного покрова (лесов) на территории Собственно-Качканарского месторождения железных руд

Преобладающая порода древостоя	Площадь, га	Стоимость, млн руб.			Всего
		лесных ресурсов	средоформирующих функций леса	социальных функций леса	
Горные леса:					
– сосна;	1 000	22	158	–	180
– ель;	300	5,5	36,5	–	42
– береза	200	3,5	18,5	–	24
Кедровники (кедр)	250	20	70	–	90
Зеленая зона:					
– сосна;	400	12	60	72	144
– ель;	100	2	12	14	28
– береза	250	4	20	36	60
ИТОГО	2 500	69		122	568

Статья подготовлена при поддержке и в рамках гранта РФФИ № 17-06-00433.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белов С. В. Парадоксы живого // Природно-ресурсные ведомости. – 2016 – № 12. – С. 8.
2. Нейштадт М. И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. – М.: изд-во АН СССР, 1957. – 404 с.
3. Толмачёв А. И. К истории возникновения и развития темнохвойной тайги. – М., Л. : изд-во АН СССР, 1954. – 282 с.
4. Хотинский Н. А. Леса далекого прошлого // Лесн. хоз-во. – 1967. – № 6. – С. 13–18.
5. Савиных В. П., Крапивин В. Ф., Потапов И. И. Информационные технологии в системах экологического мониторинга. – М. : Геодезкартиздат, 2007. – 308 с.
6. Теринов Н. И., Турков В. Г. Антропогенная динамика горных лесов Среднего Урала // Эколого-географические и генетические принципы изучения лесов : сб. статей. – Свердловск. УНЦ АН СССР, 1983. – С. 158–163.
7. Смолоногов Е. П. Лесообразовательный процесс и проблемы лесной типологии // Лесообразовательный процесс на Урале и в Зауралье : сб. – Екатеринбург, 1996. – С. 4–25.
8. Седых В. Н. Лесообразовательный процесс. – Новосибирск : Наука, 2009. – 164 с.
9. Лебедев Ю. В. Оценка лесных экосистем в системе природопользования. – Екатеринбург : УрО РАН, 2011. – 574 с.
10. Исаев А. С. Мониторинг биологического разнообразия лесов России: методология и методы. РАН. – М. : Наука, 2002. – 453 с.
11. Гиниятов И. А., Жарников В. Б. О структуре и содержании мониторинга земель в современный период // Вестник СГГА. – 2000. – Вып. 5. – С. 25–27.
12. Замолотчиков Д. Г. Антропогенные и естественные компоненты динамики температуры на территории России // Использование и охрана природных ресурсов России. – 2013. – № 1. – С. 36–42.
13. Каевицер В. И., Крапивин В. Ф., Потапов И. И. Экономически эффективная информационно-моделирующая технология мониторинга лесных экосистем и оценка их роли в изменении климата // Экономика природопользования. – 2015. – № 4. – С. 57–61.
14. Кондратьев К. Я., Крапивин В. Ф. Моделирование глобального круговорота углерода. – М. : Физматлит, 2004. – 336 с.
15. Лебедева Т. А., Шипилова Е. В. Методология и научно-технические принципы мониторинга и комплексной оценки лесных земель на интенсивно осваиваемых территориях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 2. – С. 153–156.
16. Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П. Лесообразовательные условия и типы лесов Свердловской области (практич. руководство). – Свердловск : изд-во ИЭРиЖ, 1973. – 176 с.
17. Лебедев Ю. В., Копылова Ю. Ю., Потравный И. М. Учет фактора времени при оценке долговременного эффекта средоформирующих функций леса // Экономика природопользования. – 2003. – № 1. – С. 32–43.
18. Лебедева Т. А., Трубина Л. К. Модели лесных земель как базовые блоки геоинформационных систем мониторинга в землепользовании // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Том 22, № 1. – С. 178–189.
19. Чумаченко С. И. Имитационное моделирование многовидовых разновозрастных лесных насаждений : дис. ... д-ра биол. наук. – Москва, 2006. – 287 с.

20. Моделирование продукционного процесса в лесной экосистеме / В. Ф. Крапивин, В. Д. Бурков, И. И. Потапов, В. С. Шалаев // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2009. – № 3. – С. 32–45.

21. Ануфриев В. П., Лебедева Т. А., Иванова Н. С. Устойчивое землепользование: учет современных вызовов и рисков // Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений : материалы VI Междунар. научно-технич. конф. (Екатеринбург, 18–19 апреля 2017 г.). – Екатеринбург, 2017. – С. 184–188.

22. Лебедева Т. А., Максимова Н. А. Научные принципы формирования базы данных для оценочных работ по лесным землям // Теория и практика экономического регулирования природопользования и охраны окружающей среды : материалы XIII Междунар. научно-практической конф. РОЭЭ (Казань, 7–11 июля 2015 г.). – Казань, 2015. – С. 342–348.

Получено 25.04.2019

© Т. А. Лебедева, 2019

SYSTEM MONITORING AND COMPLEX EVALUATION OF FOREST LANDS IN INDUSTRIAL REGIONS (ON THE EXAMPLE OF THE URALS AND WESTERN SIBERIA)

Tatyana A. Lebedeva

Ural State Mining University, 30, Kuibyshev St., Yekaterinburg, 620144, Russia, Ph. D., Senior Lecturer, e-mail: taranova.ekb@bk.ru

The need for systematic monitoring and complex evaluation of forest lands in industrial regions (on the example of the Urals and Western Siberia) is considered. The methodology of system monitoring and complex evaluation of forest lands on the basis of the concept of sustainable development of territories and biotic regulation of the environment, taking into account the widespread and long-term consequences of nature-land-forest management, modeling of natural objects, phenomena and processes, combining data collection and processing procedures with models of structural elements of forest lands with algorithms of forecasting and decision-making is presented. The scientific and technological principles of system monitoring and information support of complex evaluation of forest lands in industrial regions are considered. The results of using a sound methodology and the proposed principles of system monitoring and complex evaluation of forest land in industrial regions in solving practical problems are presented: substantiation of the concept of environmental safety of the development of the Middle Urals, the role of the natural potential of forest lands in the national accounts structure, the formation of sustainable subsoil use.

Key words: forest lands, system monitoring, complex evaluation, industrial regions, sustainable development, biotic regulation, modeling of natural objects, phenomena, processes, forecasting algorithms, decision-making algorithms.

REFERENCES

1. Belov, S. V. (2016). Paradoxes of the living. *Prirodno-resursnyye vedomosti [Natural Resource Statements]*, 12, P. 8 [in Russian].

2. Neyshtadt M. I. (1957). *Istoriya lesov i paleogeografiya SSSR v golotsene [Forest history and paleogeography of the USSR in Holocene]*. Moscow: AN SSSR Publ., 404 p. [in Russian].

3. Tolmachev, A. I. (1954). *K istorii vozniknoveniya i razvitiya temnokhvoynoy taygi [On the history of the origin and development of the dark coniferous taiga]*. Moscow-Leningrad: AN SSSR Publ., 282 p. [in Russian].
4. Khotinskiy, N. A. (1967). Forests of the past. *Lesnoe khozyaystvo [Forestry]*, 6, 13–18 [in Russian].
5. Savinykh, V. P., Krapivin V. F., & Potapov I. I. (2007). *Informatsionnye tekhnologii v sistemakh ekologicheskogo monitoring [Information technology in environmental monitoring systems]*. Moscow: Geodezkartizdat Publ., 308 p. [in Russian].
6. Terinov, N. I., & Turkov, V. G. (1983). Anthropogenic dynamics of the mountain forests of the Middle Urals. In *Sbornik statey: Ekologo-geograficheskie i geneticheskie printsipy izucheniya lesov [Collection of Paper: Ecological-Geographical and Genetic Principles of Forest Study]* (pp. 158–163). Sverdlovsk: UNTs AN SSSR Publ. [in Russian].
7. Smolonogov, E. P. (1996). Forest formation process and problems of forest typology. In *Sbornik: Lesoobrazovatel'nyy protsess na Urale i v Zaural'e [Forest formation process in the Urals and beyond the Urals]* (pp. 4–25). Ekaterinburg [in Russian].
8. Sedykh, V. N. (2009). *Lesoobrazovatel'nyy protsess [Forest formation process]*. Novosibirsk: Nauka Publ., 164 p. [in Russian].
9. Lebedev, Yu. V. (2011). *Otsenka lesnykh ekosistem v sisteme prirodnopol'zovaniya [Forest ecosystem assessment in the environmental management system]*. Ekaterinburg: UrO RAN Publ., 574 p. [in Russian].
10. Isaev, A. S. (2002). *Monitoring biologicheskogo raznoobraziya lesov Rossii: metodologiya i metody. RAN [Monitoring of the biodiversity of the Forests in Russia: methodology and methods. RAN]*. Moscow: Nauka Publ., 453 p. [in Russian].
11. Giniyatov, I. A., & Zharnikov, V. B. (2000). *On the structure and content of the land monitoring in modern and contemporary history. Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 5, 25–27 [in Russian].
12. Zamolodchikov, D. G. (2013). Anthropogenic and natural components of temperature dynamics in the territory of Russia. *Ispol'zovanie i okhrana prirodnnykh resursov Rossii [Use and Protection of Natural Resources of Russia]*, 1, 36–42 [in Russian].
13. Kaevitser, V. I., Krapivin, V. F., & Potapov, I. I. (2015). Economically efficient information-modeling technology of the forest ecosystems monitoring and assessment of their role in the climate change. *Ekonomika prirodnopol'zovaniya [Environmental Economics]* 4, 57–61 [in Russian].
14. Kondrat'ev, K. Ya., & Krapivin, V. F. (2004). *Modelirovanie global'nogo krugovorota ugleroda [Modeling the global carbon cycle]*. Moscow: Fizmatlit Publ., 336 p. [in Russian].
15. Lebedeva, T. A., & Shipilova, E. V. (2015). Methodology and scientific and technical principles of monitoring and integrated assessment of forest lands in the intensively developed territories. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2015: T. 2. Distantionnye metody zondirovaniya Zemli i fotogrammetriya, monitoring okruzhayushchey sredy, geoekologiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2015: International Scientific Conference: Vol. 2. Remote Sensing Methods of the Earth and Photogrammetry, Environmental Monitoring, Geoecology]* (pp. 153–156). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].
16. Kolesnikov, B. P., Zubareva, R. S., & Smolonogov E. P. (1973). *Lesoobrazovatel'nye usloviya i tipy lesov Sverdlovskoy oblasti (prakticheskoye rukovodstvo) [Forest conditions and types of forests in the Sverdlovsk Region]*. Sverdlovsk: USC of the USSR Academy of Sciences Publ., 176 p. [in Russian].
17. Lebedev, Yu. V., Kopylova, Yu. Yu., Potravnyy I. M. (2003). *Given time factor for assessment of the impact of the environment-forming forest's function. Ekonomika prirodnopol'zovaniya [Environmental Economics]* 1, 32–43 [in Russian].
18. Lebedeva, T. A., Trubina, L. K. (2017). The models of forests lands as a basic units of GIS monitoring in land use. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 22(1), 178–186 [in Russian].

19. Chumachenko, S. I. (2006). Imitatsionnoe modelirovanie mnogovidovykh raznovozrastnykh lesnykh nasazhdeniy [Simulation modeling of the multiple *uneven-aged* forest plantations]. *Doctor's thesis*. Moscow, 287 p. [in Russian].

20. Krapivin, V. F., Burkov, V. D., Potapov, I. I., & Shalaev, V. S. (2009). Production process modeling in forest ecosystems. *Problemy okruzhayushchey sredy i prirodnikh resursov [The problems of Environment and Natural Resources]*, 3, 32–45 [in Russian].

21. Anufriev, V. P., Lebedeva T. A., & Ivanova N. S. (2017). Steady land use: accounting of the modern calls and risks. In *Materialy VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: Innovatsionnye geotekhnologii pri razrabotke rudnykh i nerudnykh mestorozhdeniy [Proceedings of 6nd International Scientific and Practical Conference: The Innovative Geotechnology in the Development of Ore and Nonmetallic Deposits]* (pp. 184–188). Ekaterinburg [in Russian].

22. Lebedeva, T. A., & Maksimova, N. A. (2015). The scientific principles of formation of the database for estimated works on forest lands. In *Materialy XIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: Teoriya i praktika ekonomicheskogo regulirovaniya prirodopol'zovaniya i okhrany okruzhayushchey sredy [Proceedings of 13nd International Scientific and Practical Conference: Natural Resource Management and Environmental Protection: Theory and Practice of Economic Regulation]* (pp. 342–348). Kazan' [in Russian].

Received 25.04.2019

© T. A. Lebedeva, 2019