

5. Dautov F.F. Study of health in connection with the factors of the environment. Kazan: Izd-vo Kazan. un-ta, 1990. 115 p.

6. Adamenko O.M. Ecology of Ivano-Frankivsk. Ivano-Frankovsk: siversija. MV, 2004. 200 p.

7. Kobzar A.I. Applied mathematical statistics: For engineers and scientists. M.: FIZMATLIT, 2006. 816 p.

8. Krykhivsky M.V. Computer program for calculating ecological and environmental indices of ecological city safety. Sv. GR. № 49634. Kiev: Gos. sluzhba intelektualnoj sobstvennosti Ukrainy. 2013.

УДК:630*182.21

Зонирование лесных экосистем, подверженных воздействию промышленных выбросов

С.А. Чжан^a, О.А. Пузанова^b, А.Л. Гребенюк^c

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

^aschzan@rambler.ru, ^bpuzanova-olga@rambler.ru, ^cas17vl@list.ru

Статья поступила 19.12.2013, принята 09.02.2014

Проведены исследования по оценке состояния лесов. Объектом исследования являются хвойные древостои возле города Братска. Цель исследования – уточнение границ зон влияния и длительности действия промышленных выбросов. При составлении схемы зонирования лесов, находящихся в зоне промышленного воздействия, использовался картографический метод. Предлагаемая схема зонирования по результатам мониторинга лесов основывается на корреляции среднего балла категории состояния на постоянных пробных площадях с уровнем накопления основных загрязняющих компонентов в хвое на основании данных лабораторных исследований. Из компонентов загрязнения были выделены элементы, имеющие наибольшую положительную корреляцию между средним баллом категории состояния. Наиболее информативными элементами загрязнения являются фториды и диоксид серы. Эти компоненты являются наиболее агрессивными для хвойных пород, поэтому в качестве индикаторов при составлении зонирования были взяты усредненные значения содержания этих веществ на различных пробных площадях. В результате совмещения картосхем по содержанию фтора в хвое древостоев выявлены три зоны, и установлены характеристики этих зон.

Ключевые слова: промышленные выбросы, зонирование лесов, картографический метод, балл состояния.

Zoning of forest ecosystems under industrial emissions

S.A. Zhang^a, O.A. Puzanova^b, A.L. Grebenyuk^c

Bratsk State University, 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

^aschzan@rambler.ru, ^bpuzanova-olga@rambler.ru, ^cas17vl@list.ru

Received 19.12.2013, accepted 09.02.2014

Research on assessing the forest health has been conducted. Object of research is coniferous forest stands near the city of Bratsk. Research objective is to specify borders of zones of influence and duration of action of industrial emissions. While drawing up the scheme of zoning the forests, which are in the zone of industrial influence, the cartographical method has been used. According to the results of forest monitoring and laboratory research of the level of accumulation of the main polluting components in needles, suggested scheme of forest zoning is based on correlation of average score of the category of state on constant trial areas. Elements with the greatest positive correlation between average score of the category of state were allocated from components of pollution. The most informative elements of pollution are fluorides and sulfur dioxide. These components are the most aggressive for coniferous species that is why average scores of containing these substances on various trial areas have been considered as indicators while drawing up zoning. As a result of combination of the map charts according to the content of fluorine in needles of forest stands, three zones are revealed and characteristics of these zones are established.

Keywords: industrial emissions, forest zoning, cartographical method, state score.

Введение. Одним из наиболее сложных вопросов при мониторинге лесов является их зонирование. В настоящее время нет установленных критериев, по которым оценивается принадлежность древостоев к той или иной зоне повреждения.

В некоторых случаях критерием для установления зон влияния промышленных выбросов служат несколько факторов: предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе, уровень отпада, прирост, процент поврежденных деревьев.

При этом подходе выделяются следующие зоны:

I – зона сильного влияния, до 2 км от источника загрязнения, ПДК (в условных единицах) 0,95-0,85; средний уровень текущего отпада (усыхающие на корню) – до 45 %; отпад по числу стволов – до 70 %, в некоторых случаях – очаговое усыхание; у всех деревьев основного полога достоверное падение прироста;

II – зона среднего влияния, 2-4 км от источника загрязнения, ПДК 0,8-0,6; количество деревьев с видимыми признаками повреждения и уровень отпада – на 20 % ниже, чем в I зоне, снижение темпов прироста у отдельных деревьев по сравнению с контролем выявляются не всегда;

III – зона слабого влияния, 4-8 км от источника загрязнения, ПДК 0,3–0,1; доля деревьев, имеющих видимые повреждения, – около 30 %; уровень отпада – в 1,5 раза выше, чем в контрольной зоне, массовое усыхание деревьев не наблюдается;

IV – фоновая зона, далее 8 км от источника загрязнения, ПДК менее 0,1; в некоторых частях лесного массива можно встретить очаги ослабленных деревьев, но причины их возникновения не очевидны.

Другие авторы предлагают при зонировании территории учитывать факторы изменения текущего среднего прироста по запасу, индексы повреждения и охвоенности древостоев, при этом выделяются следующие зоны:

- зона повреждения 1 – древостои без видимых признаков поражения;
- зона 2 – древостои слабо- и среднеповрежденные;
- зона 3 – сильно поврежденные древостои;
- зона 4 – очень сильно поврежденные, усыхающие насаждения (табл. 1).

Таблица 1

Динамические показатели состояния повреждаемости средневозрастных сосновых насаждений

Степень повреждения	Уменьшение текущего среднего прироста по запасу (% к контролю)	Индекс	
		Повреждения	Охвоенности
Очень сильное	66-100	3,6-6,0	1,0-3,5
Сильное	36-65	2,6-3,5	3,6-4,5
Среднее	21-35	2,1-2,5	4,6-6,0
Слабое	6-20	1,6-2,0	6,1-7,5
Отсутствие визуальных повреждений	0-5	1,0-1,5	7,6-9,0

Критерием зонирования является степень повреждения лесов. При этом методе можно выделить четыре зоны: полного, сильного, среднего и слабого повреждения. Зоны могут быть охарактеризованы следующим образом.

В зоне *полного повреждения* сохраняются только фрагменты растительных группировок, находящиеся в крайне неудовлетворительном состоянии. Преобладают большие и отмирающие деревья с сильно изреженными кронами, суховершинные. Хвоя сохраняется у живых деревьев только на концах ветвей, имеет чаще желтоватый оттенок. Возобновление отсутствует. Летом листья берез полностью поражены некрозом у 70-80 % особей.

Зона *сильного поражения* характеризуется равномерным распределением живых деревьев по всей площади. Однако деревья сильно деградируют, велика доля усыхающих и суховершинных деревьев. Кроны изрежены, хвоя с признаками хлороза. У деревьев главный побег сохраняется. Возобновление единичное. Ясно выраженная некротическая часть листьев составляет 3/4 листа.

Леса в зоне *среднего поражения* заметно угнетены и изрежены, деревья имеют сквозистую крону, суховершинных и сухостойных деревьев до 10-15 %. Закладка ростовых почек происходит нормально. Имеются отдельные пучки поврежденной хвои. На листьях березы летом появляются отдельные пятна некрозов. Подрост, подлесок, напочвенный покров развиты удовлетворительно.

В зоне *слабого поражения* древостой не имеет явно выраженных признаков повреждения – ростовые про-

цессы не нарушены, крона зеленая, отсутствуют суховершинные деревья. Наблюдается хлоротичность отдельных хвоинок.

Степень поражения растений в каждой зоне обусловлена определенными установленными уровнями загрязнения воздуха.

В Германии при характеристике сосновых насаждений, подверженных воздействию промвыбросов, выделяют также четыре зоны вредного воздействия – I, II, III, 0. При этом в зоне I повреждение древостоев сильное, в зоне II – среднее, в зоне III – слабое, в зоне 0 повреждение деревьев отсутствует.

Зонирование может проводиться методом картирования по следующим критериям:

- 1 – содержание токсичных веществ в растительной субстанции;
- 2 – изменение pH в почве;
- 3 – тенденция к отмиранию – образование сухостоя;
- 4 – степень полноты древостоя;
- 5 – прирост в высоту, прирост по сумме площадей сечения, по запасу;
- 6 – концентрация загрязняющих веществ в воздухе;
- 7 – степень повреждения деревьев.

Может быть проведена комплексная оценка повреждений дымами и газами от промышленных предприятий, при которой среднее значение принятых критериев сравнивают между зонами вредного воздействия. При этом интенсивность при приближении к источникам выбросов следует рассматривать как свидетельство причинной связи между промышленностью и повреждением лесов.

Объектом исследования являются хвойные древостои возле города Братска. *Цель исследования* – уточнение границ зон влияния и длительности действия промышленных выбросов.

Методика и результаты исследования. Методы исследований – натурные экспериментальные исследования на постоянных и временных пробных площадях.

Химический анализ хвои включал:

- потенциометрический метод – для определения водорастворимой формы фтора в почве, растительности;
- гравиметрический метод – для определения сульфатов.

Все предыдущие результаты получены по существующим зонам повреждения древостоев, разработанным профессором Е.М. Руновой (1999 год). Полученные результаты позволяют считать неприемлемым действующее зонирование поврежденных лесных экосистем города Братска, и в связи с этим возникла необхо-

димость проведения корректировки зон загрязнения. Кроме изменения таксационных показателей древостоев, произошли изменения техногенного пресса, связанного с реконструкцией производства алюминиевого завода в 2006 году.

На план местности были нанесены постоянные пробные площади и выделены три условные зоны по содержанию загрязняющих веществ и состоянию древесной растительности. Такой комплексный подход, по нашему мнению, в настоящее время является наиболее приемлемым. При проведении дальнейшего мониторинга лесов в районе города Братска возможна корректировка границ зон с учетом тех изменений, которые произошли в состоянии древостоев. В результате послышного совмещения картосхем по содержанию фтора в хвое древостоев выявлены три зоны, и установлены характеристики этих зон (рис. 1).

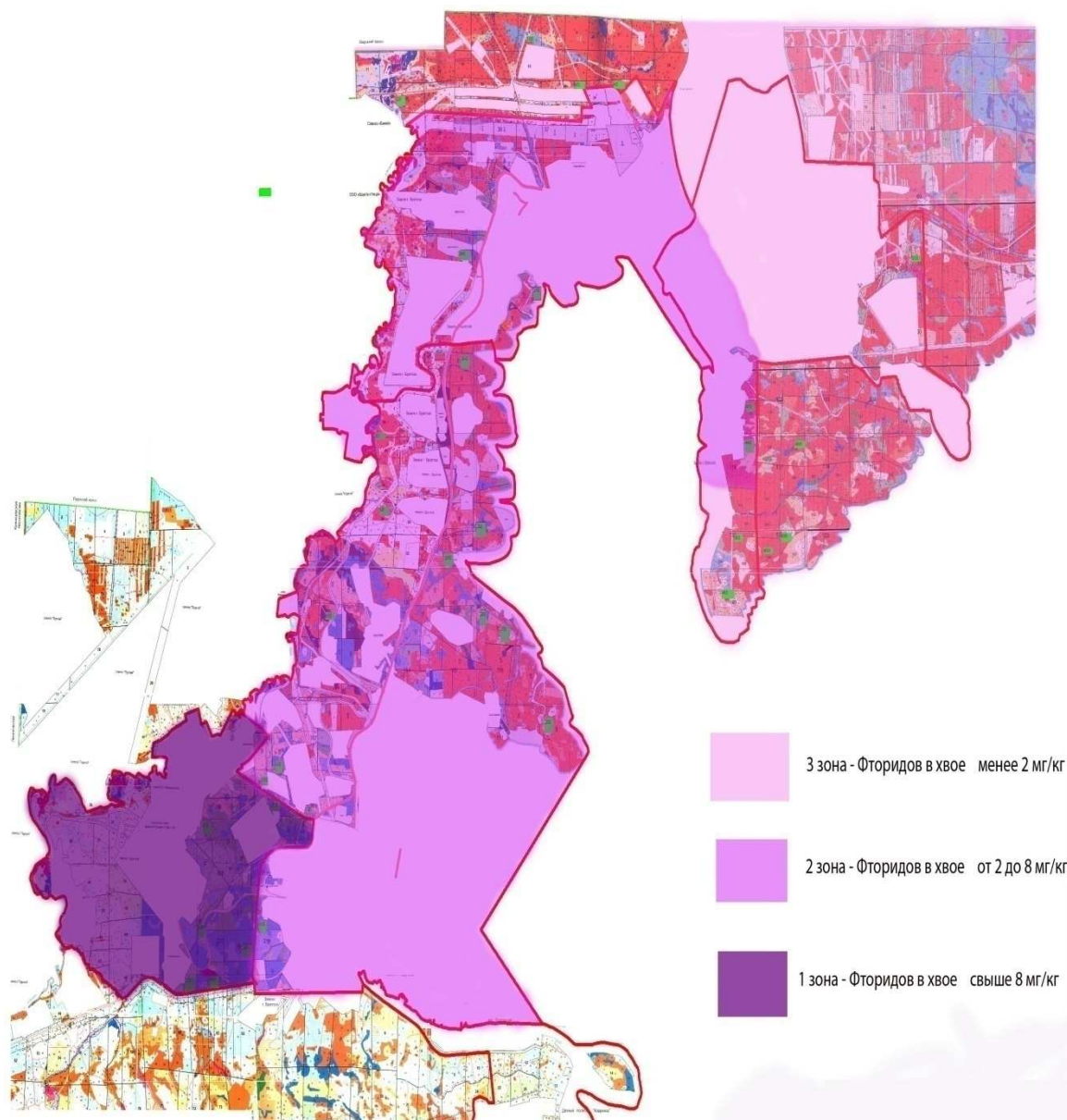


Рис. 1. Карта-схема г. Братска по содержанию фторидов

На рис. 2 представлена карта-схема по состоянию древостоев.

При совмещении картосхем было установлено, что участки с максимальным содержанием фтора, серы, а также балл категории состояния практически совпадают, что свидетельствует о высокой точности установления границ зон загрязнения.

В результате совмещения картосхем по содержанию фтора в хвое древостоев выявлены три зоны, и установлены характеристики этих зон.

Зона I, или зона экстремального загрязнения древостоев. Имеет вытянутую конфигурацию по направлению преобладающих ветров, с Ю-З на С-В. Содержание фтора в хвое свыше 8 мг/кг, средний балл категории состояния 2,3. В Ю-В направлении зона заканчивается и граничит с санитарной зоной алюминиевого завода. Средний радиус зоны составляет 5-6 км.

Зона II – зона сильного загрязнения древостоев. В эту зону входят древостои, интенсивно накопившие твердые и растворимые загрязнители; содержание фтора в хвое от 2-8 мг/кг, средний балл категории состояния 1,8. Эта зона имеет сильно вытянутую конфигурацию и значительную площадь, т. е. можно отметить, что почти вся обследованная территория может быть отнесена ко второй зоне. Максимальная протяженность зоны с Ю-В на С-З составляет около 60-70 км. Ширина зоны составляет около 30 км.

Зона III – зона слабого загрязнения древостоев. Не имеет четко выраженной конфигурации, т. к. не найдены пробные площади, которые можно было бы отнести к условно чистым или фоновым зонам.

Выделение предложенных зон велось по содержанию фтора в хвое древостоев и по данным исследований является абсолютным критерием для определения радиусов зон загрязнения.

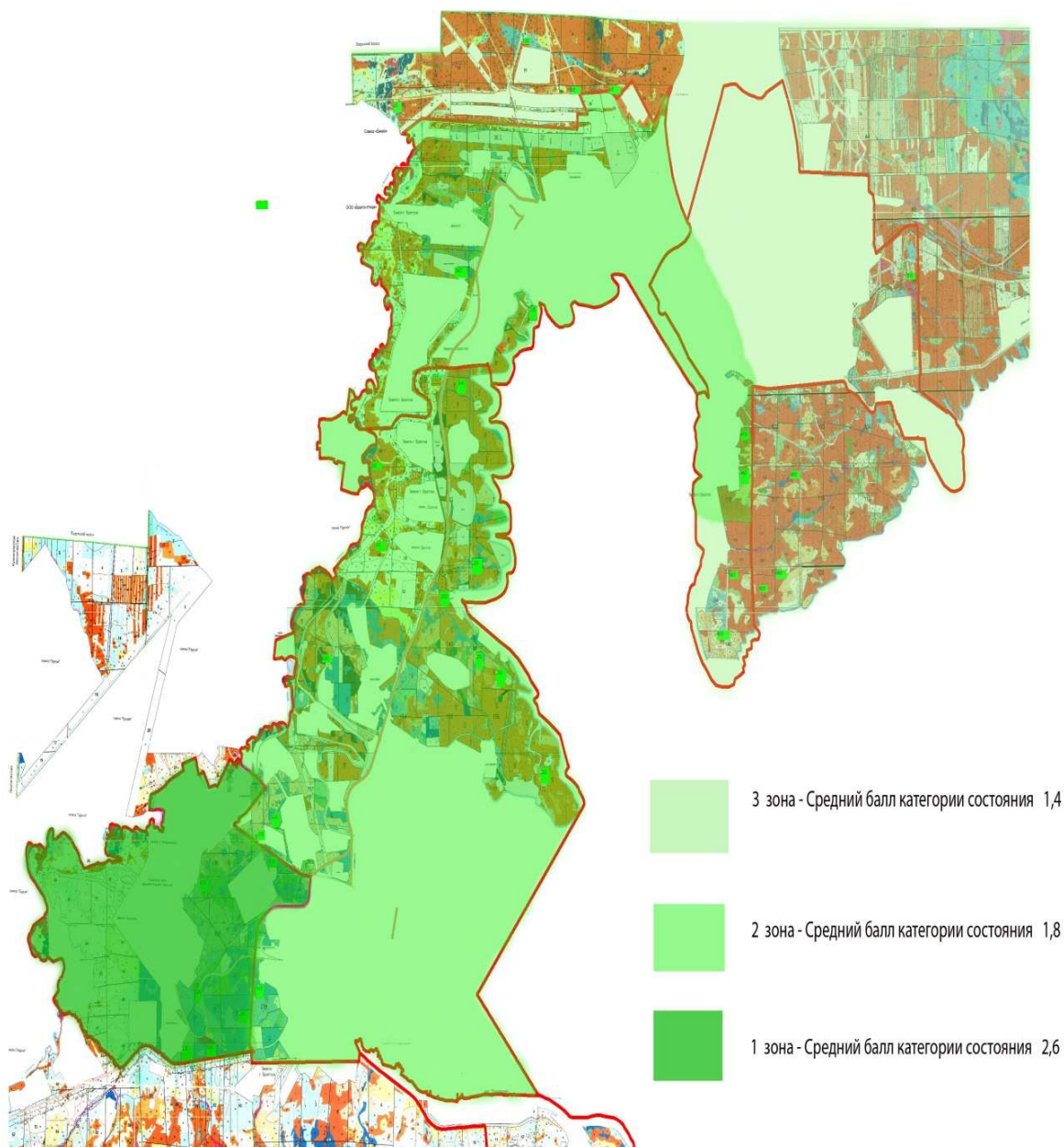


Рис. 2. Карта-схема г. Братска по баллу категории состояния

Выводы

1. Основными критериями зонирования являются не только состояние древостоев, но и уровень накопления фторидов и серы в хвое растений.

2. В результате послойного совмещения картосхем по содержанию фтора в хвое древостоев выявлены три зоны, и установлены характеристики этих зон.

Зона I, или зона экстремального загрязнения древостоев. Имеет вытянутую конфигурацию по направлению преобладающих ветров, с Ю-З на С-В. Содержание фтора в хвое свыше 8 мг/кг, средний балл категории состояния 2,3. В Ю-В направлении зона заканчивается и граничит с санитарной зоной алюминиевого завода. Средний радиус зоны составляет 5-6 км.

Зона II – зона сильного загрязнения древостоев. В эту зону входят древостои, интенсивно накопившие твердые и растворимые загрязнители; содержание фтора в хвое от 2-8 мг/кг, средний балл категории состояния 1,8. Эта зона имеет сильно вытянутую конфигурацию и значительную площадь, т. е. можно отметить, что почти вся обследованная территория может быть отнесена ко второй зоне. Максимальная протяженность зоны с Ю-В на С-З составляет около 60-70 км, ширина зоны – около 30 км.

Зона III – зона слабого загрязнения древостоев. Не имеет четко выраженной конфигурации, т. к. не найдены пробные площади, которые можно было бы отнести к условно чистым или фоновым зонам.

3. По зонам загрязнения можно отметить: средний балл категории состояния в I зоне – зоне экстремального загрязнения – равен 2,6, что говорит о сильном ослаблении деревьев; во II зоне – зоне сильного загрязнения – он составил – 1,8; в III зоне – зоне слабого загрязнения – 1,4.

4. При совмещении картосхем было установлено, что участки с максимальным содержанием фтора, серы, а также балл категории состояния практически совпадают, что свидетельствует о высокой точности установления границ зон загрязнения.

Литература

1. Чжан С.А., Рунова Е.М., Пузанова О.А. Оценка устойчивости сосны обыкновенной в зонах аэротехногенного загрязнения по данным экологического мониторинга // Лесной вестник. 2009. № 1 (64). С. 180-183.
2. Чжан С.А., Рунова Е.М., Пузанова О.А. Особенности загрязняющих веществ в хвое сосны обыкновенной // Лесной вестник. 2009. № 3 (66). С. 62-64.

3. Чжан С.А., Рунова Е.М., Пузанова О.А. Устойчивость древостоев, подверженных длительному аэротехногену // Вестн. КрасГАУ. 2010. № 6. С. 74-76.
4. Чжан С.А., Рунова Е.М., Пузанова О.А. Состояние хвойных древостоев в зоне действия алюминиевых производств // Хвойные бореальной зоны. 2008. Т. 25, № 3-4. С. 305-308.
5. Чжан С.А., Рунова Е.М., Пузанова О.А. Пространственно-временной характер лесных сукцессий Приангарья: моногр. Братск, 2008. 100 с.
6. Чжан С.А., Пузанова О.А., Чжан Л.А. Повышение устойчивости фитоценозов в условиях техногенного загрязнения // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: материалы междунар. науч.-прак. форума. Хабаровск: Изд-во Тихоок. гос. ун-та, 2013. 593 с.
7. Чжан С.А., Рунова Е.М., Пузанова О.А. Прогнозирование состояния лесных фитоценозов в связи с модернизацией производства Братского алюминиевого завода // Вестн. КрасГАУ, 2008. № 5 (26). С. 86-91.
8. Дыренков С.В., Савицкая С.И. Мониторинг лесных экосистем: моногр. Новосибирск: Наука, 1996. С.165.
9. Жирин В.М. Основные направления исследований при разработке экологического мониторинга лесов // Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов: сб. ст. М., 1994. Т. 2. С. 9-12.
10. Рунова Е.М. Влияние техногенного загрязнения на леса Приангарья: моногр. Братск: БРИИ, 1999. 107 с.

References

1. Zhang S.A., Runova E.M., Puzanova O.A. Assessment of stability of a pine in zones of aero technogenic pollution according to ecological monitoring // Lesnoj vestnik. 2009. № 1 (64). P. 180-183.
2. Zhang S.A., Runova E.M., Puzanova O.A. Features of polluting substances in pine needles // Lesnoj vestnik. 2009. No. 3 (66). P. 62-64.
3. Zhang S. A., Runova E.M., Puzanova O.A. Stability of the forest stands, subjected to long aero technogenic pollution // Vestn. KrasGAU. 2010. № 6. P. 74-76.
4. Zhang S.A., Runova E.M., Puzanova O.A. State of coniferous stands in the range of aluminum production // Hvojnye boreal'noj zony. 2008. T. 25, № 3-4. P. 305-308.
5. Zhang S.A., Runova E.M., Puzanova O.A. Space-time feature of forest successions in Angara river region: monograph. Bratsk, 2008. 100 p.
6. Zhang S.A., Puzanova O.A., Zhang L.A. Increasing the phytocenosis stability in the conditions of technogenic pollution // Prirodnye resursy i jekologija Dalnevostochnogo regiona: materialy mezhdunar. nauch.-prak. foruma. Habarovsk: Izd-vo Tihook. gos. un-ta, 2013. 593 p.
7. Zhang S.A., Runova E.M., Puzanova O.A. Prediction of the state of forest phytocenoses because of modernization of the production of Bratsk aluminum plant // Vestn. KrasGAU, 2008. № 5 (26). P. 86-91.
8. Dyrenkov S.V., Savitskaya S.I. Monitoring of forest ecosystems: monograph. Novosibirsk: Nauka, 1996. 165 p.
9. Zhirin V.M. Main research directions in development of the forest environmental monitoring // Ohrana lesnyh jekosistem i racionalnoe ispolzovanie lesnyh resursov: sb. st. M., 1994. Vol. 2. P. 9-12.
10. Runova E.M. Technogenic pollution influence on the forests in the Angara river region: monograph. Bratsk: BrII, 1999. 107 p.