

УДК 630\*5:504.054:620.267

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.85

## **ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РОСТ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ**

*З.Н. Маркина, д-р с.-х. наук, проф.*

Брянская государственная инженерно-технологическая академия, просп. Станке Дмитрова, д. 3, г. Брянск, Россия, 241037; e-mail: markina\_br@mail.ru

Радиоэкологическая обстановка на территории Брянской области, особенно в ее юго-западных районах, сложившаяся в результате катастрофы в г. Чернобыле, до сих пор остается сложной и неблагоприятной для жизнедеятельности и проживания людей. Полностью стабилизировать ситуацию в этой зоне не удалось до сих пор. Радиоактивное загрязнение значительных площадей лесных угодий (более 42 % (493,9 тыс. га) лесного фонда области оказалось загрязнено радионуклидами) привело к существенным изменениям условий хозяйствования. Приоритетным направлением реабилитации территорий, загрязненных радиоактивными выпадениями, является лесоразведение и лесовосстановление. В связи с этим оценка лесорастительных свойств почв на вырубках, гарях и неиспользуемых землях сельскохозяйственного назначения и выявление особенностей поведения радионуклидов в лесных насаждениях позволят правильно выбрать технологию создания лесных культур, обеспечивающую радиационную и экологическую безопасность, а также лесоводственную и экономическую эффективность. Проведение исследований, направленных на поиск перспективных технологий создания лесных культур на различных категориях земель, загрязненных радионуклидами, на основании оценки лесорастительных свойств почв и особенностей поведения радионуклидов в лесных насаждениях является своевременным и актуальным. Цель исследований – изучение особенностей роста сосны обыкновенной в зоне хвойно-широколиственных лесов и разработка перспективных технологий их создания на различных категориях земель, загрязненных радионуклидами. В условиях радиоактивного загрязнения на дерново-подзолистых песчаных почвах разной степени оглеенности и оподзоленности на вырубках, гарях и землях сельскохозяйственного назначения впервые установлена взаимосвязь лесорастительных свойств почв с биометрическими показателями сосны обыкновенной. Результаты работы позволяют расширить научную базу в области радиоэкологического мониторинга на различных категориях лесных земель, загрязненных радионуклидами. Полученные данные подтверждают тесную взаимосвязь почвенно-экологических условий с биометрическими показателями сосны обыкновенной, независимо от категории земель, и могут использоваться при разработке перспективных технологий создания лесных культур. Достоверность результатов исследований

---

*Для цитирования:* Маркина З.Н. Лесорастительные свойства почв и их влияние на рост сосновых насаждений в условиях радиоактивного загрязнения в Брянской области // Лесн. журн. 2017. № 3. С. 85–99. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.85

подтверждается достаточным количеством экспериментального материала, собранного и обработанного с использованием современных методов статистики. Мониторинг радиоэкологической ситуации в лесах и оценка почвенно-экологических условий позволяют комплексно решать вопросы безопасного ведения лесного хозяйства и лесопользования.

*Ключевые слова:* сосна обыкновенная, категории земель, лесорастительные свойства почв, биометрические показатели, радиоактивное загрязнение.

### *Введение*

Чернобыльская катастрофа привела к загрязнению значительных территорий радионуклидами с продолжительным периодом полураспада ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и др.), ее северо-восточный след проходит по территории Брянской области. Выпавшие радиоактивные осадки стали характерной техногенной составляющей почвенного покрова, который всегда выступает главным депонентом всех загрязнителей [23–26, 28]. Почва является чутким индикатором на загрязнение, так как находится на пересечении всех миграционных путей химических элементов. Выпадение радиоактивных осадков было неоднородным, мозаичным не только по районам, но и на отдельных участках. Радиоэкологическое состояние почвенного покрова наиболее загрязненных юго-западных районов Брянской области до настоящего времени остается нестабильным и сложным, а коренных изменений в сторону его улучшения пока не наступило. Процессы освобождения и очищения почв от радиоактивных веществ идут крайне медленно, что обусловлено долгоживущими радионуклидами [10, 17].

Масштабы радиоактивного загрязнения лесного фонда области существенно различаются как по площади, так и по плотности загрязнения почвы, составу радионуклидов. Радиологические обследования лесных угодий Брянской области выявили различные уровни их загрязнения. Из 1063,2 тыс. га плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  до 1 Ки/км<sup>2</sup> имели 59,6 % (633,5 тыс. га), 1...5 Ки/км<sup>2</sup> – 21,9 % (233,0 тыс. га), 5...15 Ки/км<sup>2</sup> – 10,7 % (113,9 тыс. га), 15...40 Ки/км<sup>2</sup> – 6,9 % (73,5 тыс. га), более 40 Ки/км<sup>2</sup> – 0,9 % (9,3 тыс. га) [11, 12, 17, 20].

Брянские леса являются наиболее пострадавшими в России. Значительная часть этих лесов расположена в южной, центральной и западной частях Красногорского района с уровнем загрязнения 40 Ки/км<sup>2</sup> и более [8, 17], где по условиям радиационной безопасности приостановлена лесохозяйственная деятельность.

Важнейшими задачами, которые стоят при обращении с лесами, загрязненными радионуклидами, являются восстановление их социально-экономического значения в инфраструктуре загрязненных радионуклидами районов и возврат в хозяйственный оборот. Один из механизмов реабилитации загрязненных территорий – возобновление лесохозяйственной деятельности на различных категориях загрязненных лесных земель, поскольку леса играют важнейшую роль в стабилизации, перераспределении и очищении экосистем от радионуклидов [5, 15, 16, 18, 27, 29, 30].

В связи с этим оценка лесорастительных свойств почв в условиях радиоактивного загрязнения в лесных насаждениях позволяет улучшить технологию создания лесных культур, повысить их качество и получить высокопродуктивные насаждения. Отношение древесной породы к важнейшим почвенным факторам в совокупности с изучением почвенных режимов служит основой для разработки наиболее эффективных методов повышения устойчивости создаваемых лесных насаждений [2, 6, 9, 21].

Почвенные условия определяют успешность создания лесных культур и искусственного лесовосстановления сосновых насаждений, особенно на территориях, загрязненных радионуклидами, так как физические и физико-химические свойства почв влияют на рост и устойчивость насаждений [1, 4, 5, 7].

#### *Объекты и методы исследования*

Исследования проводили в сосновых и сосново-березовых насаждениях I класса возраста на различных категориях лесных земель в Красногорском участковом лесничестве Клинецовского лесничества [8], которое расположено в зоне смешанных лесов, в третьем лесорастительном районе Полесской низменности, в условиях радиоактивного загрязнения на 12 пробных площадях (ПП). Климат района умеренно-континентальный, с умеренно холодной зимой и умеренно теплым летом с преобладанием летних осадков.

Исследуемые культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) произрастают в условиях свежей и влажной суборей (В<sub>2</sub>-В<sub>3</sub>). Относительная полнота культур на вырубках – 0,6...0,9; на гарях – 0,7...0,8; на неиспользуемых сельхозземлях – 0,5...0,8. Растут исследуемые культуры независимо от категории земель по I<sup>a</sup> и I классам бонитета.

ПП закладывали в соответствии с общепринятыми методиками исследования лесных биогеоценозов и рекомендациями по ведению радиоэкологического мониторинга. Полевые работы основаны на методах, принятых в лесной таксации [13]. Изучение морфологических и физико-химических свойств почвы проводили согласно ОСТ 56-81–84 «Полевые исследования почвы» [14]. В стационарных условиях физико-химический анализ почвенных образцов выполняли стандартными методами, принятыми в лесной и агрохимической службах России. Определение <sup>137</sup>Cs проводили на гамма-спектрометрическом комплексе «Прогресс».

Радиоэкологическое состояние на исследуемых объектах характеризуется следующими показателями по <sup>137</sup>Cs: уровень загрязнения лесной подстилки на вырубках колеблется от 573 до 2106 кБк/м<sup>2</sup>; в гумусовом горизонте – от 153 до 857 кБк/м<sup>2</sup>; на гарях – от 1486 до 1822 кБк/м<sup>2</sup> и 1267 кБк/м<sup>2</sup> соответственно; в гумусовом горизонте неиспользуемых сельхозземель – от 71 до 397 кБк/м<sup>2</sup> [12].

Почвенный покров Брянской области достаточно мозаичен и зависит от пестроты почвообразующих и подстилающих пород, расположения по элементам рельефа и близости залегания грунтовых вод, представлен дерново-подзолистыми почвами, которые различаются по степени выраженности дернового, подзолистого и глеевого процессов.

На вырубках, в типе лесорастительных условий В<sub>3</sub> (влажные субори), распространены слабоподзолистая глеевая песчаная почва на водно-ледниковых отложениях (ПП 4) и среднеподзолистая глеевая песчаная почва на морене (ПП 5) с уровнем залегания грунтовых вод 0,4 и 0,6 м соответственно; на гарях – слабоподзолистая песчаная глеевая почва на водно-ледниковых отложениях (ПП 11). Под воздействием процессов заболачивания происходят оглеение горизонтов почвенного профиля и образование лесной подстилки. Исходя из возраста насаждений (9 и 10 лет) мощность подстилки во влажных субориях составляет 3...5 см.

В типе лесорастительных условий В<sub>2</sub> (свежие субори, вырубки) сформировались слабоподзолистые песчаные почвы на флювиогляциальных песках (ПП 6), водно-ледниковых отложениях (ПП 10) и морене (ПП 7) с уровнем залегания грунтовых вод на глубине более 2 м, на гарях – слабоподзолистые песчаные почвы на смеси водно-ледниковых и моренных отложений (ПП 2) и с прослойками морены (ПП 3). В свежих субориях при возрасте насаждений 11...13 лет мощность подстилки 3 см.

Почвы объектов исследований бедны гумусом (вырубки – 0,99...1,86 %; гари – 1,96...2,43 %; сельхозземли – 0,91...1,57 %), имеют очень низкое и низкое содержание подвижных форм фосфора и калия (вырубки – 4...53 и 4...38 мг/кг; гари – 10...33 и 7...15 мг/г; сельхозземли – 37...72 и 8...39 мг/г соответственно).

Для расчета основных статистических характеристик использованы программы «Статистика», Systat 11 и «Корреляция» [3]. По каждому варианту вычисляли средние арифметические значения и основные отклонения с ошибками их определения, коэффициенты изменчивости, точность опыта. Существенность различий средних значений рассчитывали по критерию Стьюдента. В лесном хозяйстве оценки производятся при  $p < 0,05$ .

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

На вырубках, в одинаковых условиях влажных суборей, но на разных почвообразующих породах, различия в таксационных показателях существенны (табл. 1). Сосновые насаждения, произрастающие в условиях влажных суборей на ПП 5, имеют диаметр на 0,48 см (или на 12,7 %) больше, высоту – на 0,66 м (17,6 %) выше, прирост текущего года – на 19,3 см (91,5 %) больше, чем на ПП 4. В условиях свежих суборей лесные культуры сосны обыкновенной имеют лучший рост на почве, сформировавшейся на флювиогляциальных песках, по сравнению с мореной. Диаметр сосновых насаждений на ПП 6 на 1,7 см (43,6 %) больше, высота – на 1,7 м (41,5 %) выше, прирост – на 14,7 см (33,9 %) больше, чем насаждений на ПП 7. Различия в росте между сосновыми насаждениями на ПП 6 и ПП 10 по диаметру составляют 1,1 см (24,4 %), по высоте – 1,22 м (26,7 %), по приросту – 7,9 см (15,8 %). Лесные культуры сосны обыкновенной на вырубках имеют высокие классы бонитета – I и Ia. Это указывает на хорошие условия для их произрастания. Следует отметить,

Таблица 1

Показатели	Вырубки					Гари					Земли сельхозпользования				
	ПП 4	ПП 5	ПП 6	ПП 7	ПП 10	ПП 2	ПП 3	ПП 11	ПП 1	ПП 8	ПП 9	ПП 12			
<b>Характеристика пробных площадей</b>															
<i>Характеристика насаждения</i>															
Тип леса	С. черн 10С	С. черн 10С	С. брч 8С2Б	С. брч 8С2Б	С. брч 8С2Б	С. брч 8С2Б	С. брч 8С2Б	С. черн 8С2Б	С. брч 10С	С. брч 10С	С. брч 10С	С. брч 10С			
Состав	9	10	12	11	12	9	8	8	8	7	11	13			
Возраст, лет	3,74	4,40	5,79	4,08	4,57	4,55	3,98	3,31	3,89	2,16	4,40	2,56			
Средняя высота, м	3,77	4,25	5,62	7,15	6,22	7,55	6,34	5,02	3,69	2,07	4,40	2,03			
Средний диаметр, см			3,56	3,86	4,51	4,31	3,76	3,24							
				3,62	3,28	3,81	3,33	2,61							
Прирост текущего года по высоте, см	21,1	40,4	58,0	43,3	50,1	53,7	54,0	44,2	49,8	31,8	60,7	28,8			
Тип условий произрастания	В <sub>3</sub>	В <sub>3</sub>	В <sub>2</sub>	В <sub>2</sub>	В <sub>2</sub>	В <sub>3</sub>	В <sub>3</sub>	В <sub>2</sub>	В <sub>2</sub>	В <sub>2</sub>	В <sub>2</sub>	В <sub>2</sub>			
Класс бонитета	I	I <sup>a</sup>	I <sup>a</sup>	I	I	I <sup>a</sup>	I	I	I	I	I	I			
Полнота	0,7	0,7	0,9	0,7	0,6	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0,5			
<i>Характеристика почвы</i>															
Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	1,01	1,03	1,01	1,14	0,95	0,89	0,83	0,99	1,02	0,99	0,7	0,98			
pH <sub>ксл</sub>	3,5	3,6	4,0	5,5	5,4	3,9	4,0	4,2	5,1	6,2	4,3	5,1			
Содержание: гумуса, %	1,29	1,66	1,58	0,99	1,86	2,43	2,06	1,96	1,51	1,33	0,91	1,57			
<sup>137</sup> Cs, кБк/м <sup>2</sup> (A <sub>0</sub> )	573	2106	1237	–	–	1486	1822	–	–	–	–	–			
<sup>137</sup> Cs, кБк/м <sup>2</sup> (A <sub>1</sub> )	189	231	172	153	857	583	725	1267	72	151	397	71			
Вывнос, кг/га в год:															
N	15,0	15,0	16,7	15,9	16,7	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,9	17,3			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,5	3,5	3,7	3,6	3,7	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,6	3,8			
K <sub>2</sub> O	8,0	8,0	9,0	8,5	9,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,5	9,4			
Запас, кг/га (в слое 0...50 см):															
N	8,9	11,6	13,4	12,2	11,6	26,2	5,6	15,3	21,7	14,9	8,6	11,3			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	307	656	1308	2073	3694	747	163	1721	1902	2988	2414	1448			
K <sub>2</sub> O	303	465	301	867	1263	325	512	697	2080	1329	714	785			

что в смешанных сосново-березовых насаждениях условия для роста и развития сосны обыкновенной более благоприятные. Это связано с тем, что в смешанных насаждениях в биологический круговорот веществ вовлекается опад березы, богатый основаниями, лесорастительные свойства почв при этом повышаются.

На гарях (табл. 1) в условиях свежих суборей на ПП 2 сосновые насаждения имеют диаметр на 0,55 см (14,6 %) больше, высоту – на 0,57 м (14,3 %) выше, чем на ПП 3. Сравнение таксационных показателей сосны обыкновенной, произрастающей в условиях свежей (ПП 2) и влажной (ПП 11) суборей, показало их ухудшение при увеличении гидроморфности почв. Диаметр сосновых насаждений, произрастающих в условиях влажной субори на гидроморфной почве (ПП 11), на 1,07 см (33,0 %) меньше, высота – на 1,24 м (37,5 %) ниже, прирост текущего года – на 9,5 см (21,5 %) меньше, чем на автоморфной почве (ПП 2). Сосново-березовые насаждения на гарях имеют высокие классы бонитета (I<sup>a</sup> и I), что указывает на хорошие условия для их произрастания. Однако таксационные показатели сосновых насаждений, произрастающих на почве, сформировавшейся на смеси водно-ледниковых и моренных отложений, выше. Значительное влияние на рост пород в высоту и по диаметру наряду с другими факторами оказывают материнские почвообразующие породы (ПП 2).

На землях сельхозпользования (табл. 1), прилегающих к лесным массивам, чистые сосновые насаждения на старопашотной дерново-слабоподзолистой песчаной почве, сформировавшейся на различных почвообразующих породах, имеют I класс бонитета, но различаются по биометрическим показателям. Лучшие значения диаметра, высоты и прироста текущего года принадлежат насаждениям, произрастающим на смеси водно-ледниковых и моренных отложений (ПП 9). На ПП 9 и ПП 1 различия в росте между сосновыми насаждениями по диаметру составляют 0,71 см (19,2 %), по высоте – 0,51 м (13,9 %), по текущему приросту – 10,9 см (21,9 %); на ПП 9 и ПП 8: по диаметру – 2,33 см (112,6 %), по высоте – 2,24 м (103,7 %), по текущему приросту – 28,9 см (90,9 %); на ПП 9 и ПП 12: по диаметру – 2,37 см (116,7 %), по высоте – 1,34 м (52,3 %), по текущему приросту – 31,9 см (110,8 %).

Растения в процессе жизни извлекают из почвы необходимые для роста и развития химические элементы, избирательно накапливая их в различных частях своего организма. Потребность насаждений в элементах минерального питания определяется в основном его выносом [19] растительными организмами из почвы. Сопоставив вынос и запасы элементов питания в слое почвы 0...50 см, можно оценить лесорастительные свойства почв (табл. 1).

Почвы лесных и неиспользуемых сельскохозяйственных земель обладают значительными запасами фосфора и калия. Однако следует отметить, что из всех элементов питания древесные породы, особенно в молодом

возрасте, в наибольшем количестве потребляют азот. На всех категориях земель наблюдается превышение выноса азота из почвы над его запасом в корнеобитаемом слое (табл. 1). Хотя запасы азота под сосновыми насаждениями соответствуют их среднему содержанию в почве [22], тем не менее его недостаток по выносу отражается на росте сосны обыкновенной.

На вырубках почвы с более высоким содержанием азота (ПП 6) имеют лучшие таксационные показатели (диаметр – 5,6 см, высота – 5,8 м) по сравнению с почвами бедными азотом (ПП 4; диаметр – 3,8 см, высота – 3,7 м), что подтверждается I<sup>a</sup> и I классами бонитета соответственно. Значительное влияние здесь также оказывают переувлажненность почв (ПП 4) и смешение пород (ПП 6).

На гарях прослеживается аналогичная картина. При максимальном содержании азота в гумусовом горизонте (ПП 2 – 21,2 кг/га) сосна имеет наибольшие диаметр (4,3 см) и высоту (4,6 м), а также высокий класс бонитета (I<sup>a</sup>). Несмотря на высокое содержание азота в почве на ПП 11 (15,3 кг/га), степень гидроморфности почв оказывает негативное влияние на рост сосны (диаметр – 3,2 см, высота – 3,3 м).

На сельскохозяйственных землях содержание азота не оказывает такого существенного влияния на рост сосны обыкновенной, как на лесных землях. Рост сосны по диаметру и в высоту хуже, чем в лесных культурах, на вырубках и гарях, что связано с отсутствием высокой конкуренции за экологические факторы и лесомелиоративных мероприятий.

Анализ распределения диаметров и высот сохранившихся живых деревьев на ПП выявил, что вариабельность диаметра характеризуется близкими значениями и находится в пределах 5,62...2,30 см, высоты – в пределах 5,79...2,16 м (табл. 2). На вырубках максимальная вариабельность диаметра у сосны обыкновенной отмечена в 12-летнем возрасте, что связано с большей конкуренцией деревьев за свет и элементы минерального питания в младшем возрасте (ПП 6), минимальная – в 9-летнем (ПП 4). На гарях максимальная вариабельность диаметра выявлена в 9-летнем возрасте (ПП 2), минимальная – в 8-летнем (ПП 11), что можно объяснить степенью гидроморфности почвы и почвообразующей породой.

На сельхозземлях максимальная вариабельность диаметра у сосны обыкновенной отмечена в 11-летнем возрасте (ПП 9), минимальная – в 13-летнем (ПП 12). Точность опыта – в пределах 5 % по всем категориям земель.

На неиспользуемых сельхозземлях максимальная высота зафиксирована у деревьев в 11-летнем возрасте (ПП 9), минимальная – в 8-летнем. По мере возрастания средних высот объекты можно расположить в следующий ряд: культуры на вырубках, на гарях, на сельхозземлях. Это явление можно объяснить способом создания культур, полнотой насаждения и запасами элементов питания в почве. Точность опыта находится в пределах 5 % по всем категориям земель.

Таблица 2

## Статистические характеристики биометрических показателей основных насаждений

ПП	Диаметр на высоте груди, см				Высота, м				Прирост, см				
	$M \pm m_{Me}$	$\sigma_{\pm m_{\sigma}}$	$S_x, \%$	$R_x, \%$	Кoeffициент сушественного различия	$M \pm m_{Me}$	$\sigma_{\pm m_{\sigma}}$	$S_x, \%$	$R_x, \%$	Кoeffициент сушественного различия	$M \pm m_{Me}$	$\sigma_{\pm m_{\sigma}}$	Кoeffициент сушественного различия
<i>Вырубка</i>													
6	5,62±0,25	1,23±0,17	21,9	4,4	6,35	5,79±0,23	1,17±0,17	20,2	4,0	7,76	58,00±2,86	14,32±2,02	12,20
4	3,77±0,15	0,74±0,10	19,5	3,9		3,74±0,13	0,65±0,09	17,6	3,5		21,08±0,98	4,91±0,69	
6	5,62±0,25	1,23±0,17	21,9	4,4	4,20	5,79±0,23	1,17±0,17	20,2	4,0	4,86	58,00±2,86	14,32±2,02	4,35
5	4,25±0,21	1,04±0,15	24,4	4,9		4,40±0,17	0,81±0,11	18,4	3,7		40,44±2,84	14,20±2,00	
6	5,62±0,25	1,23±0,17	21,9	4,4	5,93	5,79±0,23	1,17±0,17	20,2	4,0	6,10	58,00±2,86	14,32±2,02	4,61
7	3,86±0,16	0,79±0,11	20,3	4,1		4,08±0,16	0,78±0,11	19,3	3,8		43,32±1,39	6,94±0,98	
6	5,62±0,25	1,23±0,17	21,9	4,4	2,06	5,79±0,23	1,17±0,17	20,2	4,0	4,09	58,00±2,86	14,32±2,02	2,10
10	3,28±0,16	0,79±0,11	21,2	4,2		6,17±0,30	0,96±0,14	20,9	4,2		50,08±2,45	12,26±1,73	
<i>Гари</i>													
2	4,31±0,19	0,95±0,13	22,0	4,4	2,21	4,55±0,20	1,01±0,14	22,5	4,4	2,17	53,72±2,13	10,63±1,50	0,11
3	3,76±0,16	0,83±0,12	22,0	4,4		3,98±0,17	0,85±0,12	21,5	4,3		54,04±2,11	10,53±1,49	
2	4,31±0,19	0,95±0,13	22,0	4,4	4,42	4,55±0,20	1,01±0,14	22,5	4,4	4,96	53,72±2,13	10,63±1,50	3,38
11	3,24±0,15	0,73±0,10	22,5	4,5		3,31±0,15	0,74±0,10	22,2	4,4		44,20±1,85	9,27±1,31	
<i>Земли сельхоз назначения</i>													
9	4,40±0,16	0,79±0,11	17,8	3,6	3,44	4,40±0,18	0,89±0,12	20,3	4,1	2,30	60,72±1,98	9,90±1,40	3,60
1	3,69±0,13	0,63±0,09	17,2	3,4		3,89±0,13	0,67±0,09	17,2	3,4		49,84±2,29	11,44±1,62	
9	4,40±0,16	0,79±0,11	17,8	3,6	9,06	4,40±0,18	0,89±0,12	20,3	4,1	11,60	60,72±1,98	9,90±1,40	12,58
8	2,07±0,08	0,38±0,05	18,4	3,7		2,16±0,07	0,37±0,05	17,2	3,4		31,08±1,17	5,85±0,83	
9	4,40±0,16	0,79±0,11	17,8	3,6	8,55	4,40±0,18	0,89±0,12	20,3	4,1	8,94	60,72±1,98	9,90±1,40	14,03
12	2,03±0,11	0,53±0,07	23,1	4,6		2,56±0,10	0,51±0,07	20,0	4,0		28,80±1,12	5,61±0,79	

Примечание:  $M \pm m$  – среднearифметическое значение и его ошибка;  $\sigma_{\pm m_{\sigma}}$  – основное отклонение и его ошибка;  $S_x$  – коэффициент изменчивости;  $R_x$  – точность опыта.



Высокая изменчивость диаметра по шкале С.А. Мамаева наблюдается на вырубках, кроме ПП 4, гарях и на сельхозземлях ПП 12. Вариабельность незначительная. Высокая изменчивость по высоте характерна для гарей, сельхозземель на ПП 9 и 12, для вырубок – в основном средняя, кроме ПП 6 и ПП 10. Вариабельность также незначительная.

Проверку достоверности влияния эффективности лесорастительных условий на рост сосновых насаждений на различных категориях земель в зоне радиоактивного загрязнения проводили по критерию Стьюдента. Результаты свидетельствуют о том, что биометрические показатели сосны обыкновенной на различных категориях земель в условиях радиоактивного загрязнения зависят от лесорастительных свойств почв. Различия высот у лесных культур сосны, созданных на вырубках и гарях, при  $p < 0,05$  составляют 12,4 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 3,59 > 2,06), диаметров на уровне груди – 14,3 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 4,31 > 2,06) текущего прироста – 17,1 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 4,24 > 2,06). При сравнении показателей на вырубке и землях сельхозпользования различия существенны и составляют по высоте 27,9 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 8,48 > 2,06), по диаметру на уровне груди – 29,1 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 8,61 > 2,06), по текущему приросту существенных различий не отмечено. Различия высот у лесных культур сосны обыкновенной, созданных на гарях и землях сельхозпользования, – 17,7 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 4,30 > 2,06), диаметров на уровне груди – 17,2 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 4,11 > 2,06), текущего прироста – 16,4 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 4,06 > 2,06).

Рост сосновых насаждений по высоте, диаметру и текущий прирост по высоте на вырубках значительно выше, чем на гарях и землях сельхозпользования.

Сравнение влияния почвенно-экологических условий и свойств почвообразующих пород на биометрические показатели сосновых насаждений на вырубках в различных типах лесорастительных условий показало (табл. 2), что высота сосны обыкновенной (ПП 6) на 35,4 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 7,76 > 3,77,  $P = 99,9$  %), диаметр на высоте груди на 32,9 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 6,35 > 3,77,  $P = 99,9$  %) выше по сравнению с показателями на ПП 4. На ПП 6 и ПП 5 различия по высоте составили 24,0 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 4,86 > 3,77,  $P = 99,9$  %), по диаметру – 24,4 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 4,20 > 3,77,  $P = 99,9$  %), что обусловлено гидроморфностью почв. Различия в показателях роста на ПП 6 и ПП 7 – 29,5 % (высота,  $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 6,10 > 3,77,  $P = 99,9$  %) и 31,4 % (диаметр,  $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 5,93 > 3,77,  $P = 99,9$  %), что связано в данном случае с особенностями почвообразующей породы; на ПП 6 и ПП 10 – 21,1 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 4,09 > 3,77,  $P = 99,9$  %) по высоте и 19,7 % по диаметру ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 2,08 > 2,07,  $P = 95,0$  %), что обусловлено лесорастительными свойствами почв. Различия в текущем приросте по высоте в 2012 г. составили 63,7 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 12,20 > 3,77,  $P = 99,9$  %), 30,3 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 4,35 > 3,77,  $P = 99,9$  %), 25,3 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 4,61 > 3,77,  $P = 99,9$  %) на разных почвообразующих породах; на ПП 6 и ПП 10 – 13,7 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ , 2,10 > 2,07,  $P = 95,0$  %) на одинаковой почвообразующей породе.

Различия по высоте и диаметру на гарях между ПП 2 и ПП 3 составили 12,5 % по высоте ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ ,  $2,17 > 2,07$ ,  $P = 95,0 \%$ ) и 12,8 % по диаметру ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ ,  $2,21 > 2,07$ ,  $P = 95,0 \%$ ); между ПП 2 и ПП 11 – по высоте 27,3 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ ,  $4,96 > 3,77$ ,  $P = 99,9 \%$ ), по диаметру 24,8 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ ,  $4,42 > 3,77$ ,  $P = 99,9 \%$ ), что вызвано гидроморфностью почв. Различия в текущем приросте по высоте в 2012 г. на одинаковых почвообразующих породах (ПП 2 и ПП 3) отсутствуют ( $t_{\text{факт}} = 0,11$ ), на ПП 2 и ПП 11 составляют 18,2 % ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ ,  $3,38 > 2,87$ ,  $P = 99,0 \%$ ).

Проверка достоверности влияния лесорастительных свойств почв на рост сосновых насаждений свидетельствует о том, что биометрические показатели сосны обыкновенной на различных категориях земель в условиях радиоактивного загрязнения напрямую зависят от почвенно-экологических условий. Степень снабжения древостоев элементами питания определяет их продуктивность.

Таким образом, в условиях радиоактивного загрязнения выявление закономерностей количественных связей между параметрами лесных насаждений и почвенно-экологическими условиями позволит научно обосновать систему лесоустройства и ведение лесного хозяйства, разработать дифференцированный комплекс лесоводственных мероприятий, направленных на повышение продуктивности и устойчивости лесных экосистем, правильно выбрать технологию создания лесных культур соответственно лесорастительным условиям конкретного региона [21].

#### *Выводы*

1. Установлено, что в типе лесорастительных условий В<sub>3</sub> (влажные субори) сформированы слабо- и среднеподзолистые глеевые песчаные почвы на водно-ледниковых отложениях и на морене с уровнем залегания грунтовых вод 0,4 и 0,6 м соответственно; в типе лесорастительных условий В<sub>2</sub> (свежие субори) распространены слабоподзолистые песчаные почвы на флювиогляциальных песках, водно-ледниковых отложениях, на смеси водно-ледниковых и моренных отложений с прослойками морены и на морене с уровнем залегания грунтовых вод на глубине более 2 м.

2. Выявлено, что сосновые насаждения имеют лучшие показатели роста в типе лесорастительных условий В<sub>3</sub> (влажная суборь) на морене, чем на водно-ледниковых отложениях. Различия по диаметру составляют 12,7 %, по высоте – 17,6 %, по приросту текущего года 91,5 %; в типе В<sub>3</sub> (свежая суборь) лесные культуры сосны обыкновенной имеют лучший рост на флювиогляциальных песках, чем на морене. Различия по диаметру составляют 24,4...43,6 %, по высоте – 26,7...41,5 %, по приросту – 15,8...33,9 %.

3. Установлено, что лесорастительные свойства дерново-подзолистых почв в свежих (В<sub>2</sub>) и влажных (В<sub>3</sub>) субориях определяются свойствами почвообразующих и подстилающих пород, глубиной залегания грунтовых вод

и степенью гидроморфности почв независимо от категорий лесных земель и уровня радиоактивного загрязнения почв.

4. Выявлено, что показатели высоты и диаметра насаждений на сельхозземлях значительно ниже, чем в культурах сосны в чистом виде и в смешанных насаждениях на лесных землях, что определяется не только возрастными показателями, свойствами и соотношением почвообразующих пород, но и отсутствием лесохозяйственных мероприятий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алябьев А.Ф., Проказин Н.Е.* Применение технологий создания лесных культур на вырубках в лесной зоне европейской части России // Лесн. хоз-во. 2003. № 5. С. 37–40.
2. *Волович П.И.* Лесовосстановление и лесоразведение на загрязненных радионуклидами землях // Современное состояние и перспективы ведения лесного хозяйства на загрязненных радионуклидами землях: материалы междунар. науч.-практ. конф. Гомель, 2011. С. 112–115.
3. *Ивантер Э.В., Коросов А.В.* Элементарная биометрия: учеб. пособие. Петрозаводск: ПетрГУ, 2010. 104 с.
4. *Итешина Н.М., Корепанов А.Д., Петров А.В.* Лесорастительные свойства дерново-подзолистых почв Прикамья // Вестн. Удмурт. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2011. Вып. 3. С. 132–135.
5. *Калиниченко Н.П., Писаренко А.И., Смирнов Н.А.* Лесовосстановление на вырубках. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Экология, 1991. 384 с.
6. *Копытков В.В.* Итоги многолетних исследований создания лесных культур различными способами и методами на землях с повышенным уровнем радиационного загрязнения // Современное состояние и перспективы ведения лесного хозяйства на загрязненных радионуклидами землях: материалы междунар. науч.-практ. конф. Гомель, 2011. С. 130–133.
7. *Кудряшев А.В.* Лесные культуры на сельскохозяйственных землях // Проблемы лесоведения и лесоводства (Институту леса НАН Беларуси – 75 лет): сб. науч. тр. ИЛ НАН Беларуси. Гомель, 2005. Вып. 63. С. 215–217.
8. Лесохозяйственный регламент Клинецкого лесничества / Зап. фил. гос. инвентаризации лесов ФГУП «Рослесинфорг». Брянск, 2008. 189 с.
9. *Марадудин И.И.* Основы организации и ведения лесного хозяйства в лесах, загрязненных радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС: учеб. пособие. М.: МЛТИ, 1990. 91 с.
10. *Марадудин И.И., Панфилов А.В., Шубин В.А.* Основы прикладной радиоэкологии леса: учеб. пособие. М.: ВНИИЛМ, 2001. 224 с.
11. *Маркина З.Н.* Принципы лесовосстановления на основе анализа радиоэкологического состояния почвенно-растительного покрова Брянской области. Брянск: БГИТА, 2011. 135 с.
12. *Маркина З.Н., Кондратенко Т.А.* Лесорастительные свойства почв сосновых насаждений Брянской области, загрязненных <sup>137</sup>Cs вследствие катастрофы на ЧАЭС. Брянск: БГИТА, 2014. 106 с.
13. ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки. М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1983. 60 с.

14. ОСТ 56-81–84. Полевые исследования почвы. Порядок и способы проведения работ, основные требования к результатам. М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1985. 14 с.
15. Правила лесовосстановления [Электронный ресурс]: утв. приказом МПР РФ от 16 июля 2007 г. № 183. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
16. Правила лесоразведения [Электронный ресурс]: утв. приказом Рослесхоза от 10 янв. 2012 г. № 1. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
17. Прудников П.В., Карпеченко С.В., Новиков А.А., Поликарпов Н.Г. Агрохимическое и аэроэкологическое состояние почв Брянской области. Брянск: Клинец. гор. тип., 2007. 608 с.
18. Распоряжение Правительства РФ «Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 г.» от 26 сент. 2013 г. № 1724-р. Режим доступа: <http://www.rg.ru/2013/10/01/lesa-site-dok.html> (дата обращения: 03.03.2016).
19. Ремезов Н.П., Погребняк П.С. Лесное почвоведение. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 324 с.
20. Руководство по ведению лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения от аварии на Чернобыльской АЭС (на период 1997–2000 гг.): утв. приказом руководителя Федер. службы лесн. хоз-ва России от 31.03.97 № 40.
21. Тарасенко В.П., Маркина З.Н., Егорушкин В.А. Комплекс лесомелиоративных мероприятий по снижению негативных последствий катастрофы на ЧАЭС в зоне хвойно-широколиственных лесов. Брянск: Клинец. гор. тип., 2012. 120 с.
22. Холопова Л.Б. Дерново-подзолистые почвы бассейна малого водотока в Подмоскowie // Грунтознавство (Почвоведение). 2004. Т. 5, № 1-2. С. 16–26.
23. Ansbaugh L.R., Catlin R.J., Goldman M. The Global Impact of the Chernobyl Reactor Accident // Science. 1988. Vol. 242, no. 4885. Pp. 1513–1519.
24. Calmon P., Thiry Y., Zibold G., Rantavaara A., Fesenko S. Transfer Parameter Values in Temperate Forest Ecosystems: A review // Journal of Environmental Radioactivity. 2009. Vol. 100. Pp. 757–766. Doi: 10.1016/j.jenvrad.2008.11.005
25. Kruyts N., Delvaux B. Soil Organic Horizons as a Major Source for Radiocaesium Biorecycling in Forest Ecosystems // Journal of Environmental Radioactivity. 2002. Vol. 58. Pp. 175–190.
26. Myttenaere C., Schell W.R., Thiry Y., Sombre L., Ronneau C., Deschrieck J.V. Modelling of Cs-137 Cycling In Forests: Recent Developments and Research Needed // Science of the Total Environment. 1993. Vol. 136. Pp. 77–91.
27. Nishita H., Taylor P., Alexander G.V., Larson K.H. Influence of Stable Cs and K on the Reaction of <sup>137</sup>Cs and <sup>40</sup>K in Soils and Clay Minerals // Soil Sci. 1962. Vol. 94, no. 3. Pp. 187–197.
28. Shiraishi K., Muramatsu Y., Nakajima T., Yamamoto M., Los I., Kamarikov I., Buzinny M. Radionuclide contents in Environmental Samples as Related to the Chernobyl Accident // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 1993. Vol. 171, no. 2. Pp. 319–328.
29. Thiry Y., Myttenaere C. Behaviour of Radiocaesium in Forest Multilayered Soils // Journal of Environmental Radioactivity. 1993. Vol. 18. Pp. 247–257.
30. Valckle E. The Behaviour Dynamics of Radiocesium and Radiostrontium in Soils Rich in Organic Matter: Ph. D. Thesis. Belgium, 1992. 135 p.

Поступила 25.01.17

UDC 630\*5:504.054:620.267

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.85

### **Forest Soil Characteristics and Their Impact on the Growth of Pine Plantations Under Radioactive Contamination in the Bryansk Region**

*Z.N. Markina, Doctor of Agricultural Sciences, Professor*

Bryansk State Engineering Technological Academy, pr. Stanke Dimitrova, 3, Bryansk, 241037, Russian Federation; e-mail: markina\_br@mail.ru

The radioecological situation on the territory of the Bryansk region, especially in the South-Western areas, as a result of the Chernobyl accident, is still remains difficult and unfavorable for people's life and activity. The situation has not been stabilized completely in this zone. Large areas of forest lands (more than 42 % (493.9 thousand hectares) of the region's forest fund) are contaminated with radionuclides, which has led to significant changes in the conditions of management. The priority directions of rehabilitation of territories contaminated by radioactive fallout are afforestation and reforestation. In this regard, the evaluation of the soil characteristics in felling, burned areas and unused agricultural lands and the identification of specific features of radionuclide behavior in the forest plantations allow us to make the right choice of technology for the creation of forest cultures that ensures the radiation and environmental safety, as well as the forestry and economic efficiency. The research aimed to finding promising technologies for the creation of forest cultures in different categories of lands contaminated with radionuclides, based on an assessment of the forest-growing properties of soils and the specific behavior of radionuclides in forest plantations, is timely and relevant. The goal of research is to study the peculiarities of Scotch pine growing in the coniferous-deciduous forest zone and to develop the promising technologies for their creation in various categories of lands contaminated with radionuclides. In the conditions of radioactive contamination on sod-podzolic sandy soils of different degrees of gleization and presence of podsol in felling, burnt areas and agricultural lands, the relationship between the silvicultural soil characteristics and the biometric indicators of Scots pine is first established. The results of the work allow expanding the scientific base in the field of radioecological monitoring in different categories of forest lands contaminated with radionuclides. The obtained data confirm the close relationship of soil-ecological conditions with biometric indicators of Scots pine, regardless of the category of lands, and can be used in the development of promising technologies for the creation of forest cultures. The reliability of the study results is confirmed by a sufficient amount of experimental material collected and processed with the use of modern statistical methods. Monitoring of the radioecological situation in forests and the assessment of soil and ecological conditions allow us to solve the issues of the safe forestry management in an integrated manner.

*Keywords:* Scotch pine, land use category, silvicultural soil characteristic, biometric indicator, forest soil property, radioactive contamination.

---

*For citation:* Markina Z.N. Forest Soil Characteristics and Their Impact on the Growth of Pine Plantations Under Radioactive Contamination in the Bryansk Region. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2017, no. 3, pp. 85–99. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.85

## REFERENCES

1. Alyab'ev A.F., Prokazin N.E. Primenenie tekhnologiy sozdaniya lesnykh kul'tur na vyrubkakh v lesnoy zone evropeyskoy chasti Rossii [Technologies of Forest Cultures Creation in Felling Sites in the Forest Zone of the European Part of Russia]. *Lesnoe khozyaystvo*, 2003, no. 5, pp. 37–40.
2. Volovich P.I. Lesovosstanovlenie i lesorazvedenie na zagryaznennykh radionuklidami zemlyakh [Reforestation and Afforestation on Radionuclide-Contaminated Lands]. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy vedeniya lesnogo khozyaystva na zagryaznennykh radionuklidami zemlyakh: materialy nauch.-prakt. konf.* [Current State and Prospects of Forest Management on Radionuclide-Contaminated Lands: Proc. Sci. Pract. Conf.]. Gomel, 2011, pp. 112–115.
3. Ivanter E.V., Korosov A.V. *Elementarnaya biometriya: ucheb. posobie* [Elementary Biometrics]. Petrozavodsk, 2010. 104 p.
4. Iteshina N.M., Korepanov A.D., Petrov A.V. Lesorastitel'nye svoystva dernovo-podzolistykh pochv [Forest Growth Properties of Sod-Podzolic Soils in Prikamye]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Biologiya. Nauki o Zemle* [Bulletin of Udmurt University. Biology and Earth Sciences], 2011, vol. 3, pp. 132–135.
5. Kalinichenko N.P., Pisarenko A.I., Smirnov N.A. *Lesovosstanovlenie na vyrubkakh* [Reforestation in Felling Sites]. Moscow, 1991. 384 p.
6. Kopytkov V.V. Itogi mnogoletnikh issledovaniy sozdaniya lesnykh kul'tur razlichnymi sposobami i metodami na zemlyakh s povyshennym urovнем radiatsionnogo zagryazneniya [The Results of Long-Term Research on the Creation of Forest Cultures in Various Ways and Methods in Lands with High Level of Radiation Contamination]. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy vedeniya lesnogo khozyaystva na zagryaznennykh radionuklidami zemlyakh: materialy nauch.-prakt. konf.* [Current State and Prospects of Forest Management on Radionuclide-Contaminated Lands: Proc. Sci. Pract. Conf.]. Gomel, 2011, pp. 130–133.
7. Kudryashev A.V. Lesnye kul'tury na sel'skokhozyaystvennykh zemlyakh [Forest Cultures in Agricultural Lands]. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva (Institutu lesa NAN Belarusi – 75 let): sb. nauch. tr.* [Problems of Forestry (Forest Institute of NAS of Belarus – 75 Years): Proc. National Academy of Sciences of Belarus], 2005, vol. 63, pp. 215–217.
8. *Lesokhozyaystvennyy reglament Klintsovskogo lesnichestva* [Forest Management Regulations of the Klintsov Forestry]. Bryansk, 2008. 189 p.
9. Maradudin I.I. *Osnovy organizatsii i vedeniya lesnogo khozyaystva v lesakh, zagryaznennykh radionuklidami v rezul'tate avarii na Chernobyl'skoy AES* [Foundations of Organization and Management of Forestry in the Forests Contaminated with Radionuclides as a Result of the Chernobyl Accident]. Moscow, 1990. 91 p.
10. Maradudin I.I., Panfilov A.V., Shubin V.A. *Osnovy prikladnoy radioekologii lesa: ucheb. posobie* [Fundamentals of Applied Forest Radioecology]. Moscow, 2001. 224 p.
11. Markina Z.N. *Printsipy lesovosstanovleniya na osnove analiza radioekologicheskogo sostoyaniya pochvenno-rastitel'nogo pokrova Bryanskoy oblasti* [Principles of Reforestation on the Basis of the Radioecological State Analysis of the Soil and Vegetation Cover in the Bryansk Region]. Bryansk, 2011. 135 p.
12. Markina Z.N., Kondratenko T.A. *Lesorastitel'nye svoystva pochv sosnovykh nasazhdeniy Bryanskoy oblasti, zagryaznennykh <sup>137</sup>Cs vsledstvie katastrofy na ChAES* [Forest Characteristics of Soils of Pine Plantings in the Bryansk Region Contaminated with <sup>137</sup>Cs Due to the Chernobyl Accident]. Bryansk, 2014. 106 p.
13. *OST 56-69–83. Probnye ploshchadi lesoustroitel'nye. Metod zakladki* [Industrial Standard 56-69–83. Forest Management Sampling Areas. Line-Intercept Method]. Moscow, 1983. 60 p.
14. *OST 56-81–84. Polevye issledovaniya pochvy. Poryadok i sposoby provedeniya rabot, osnovnye trebovaniya k rezul'tatam* [Industrial Standard 56-81–84. Soil Field Studies. The Order and Methods of Work, Main Requirements for the Results]. Moscow, 1985. 14 p.

15. *Pravila lesovosstanovleniya*: utv. prikazom MPR RF ot 16 iyulya 2007 g. № 183 [Rules of Reforestation: Approved by the Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation of July 16, 2007. No. 183]. 14 p.

16. *Pravila lesorazvedeniya*: utv. prikazom Rosleskhoza 10 yanv. 2012 g. № 1 [Rules of Afforestation: Approved by the Order of the Federal Forestry Agency of January 10, 2012. No. 1]. 7 p.

17. Prudnikov P.V., Karpechenko S.V., Novikov A.A., Polikarpov N.G. *Agrokhimicheskoe i agroekologicheskoe sostoyanie pochv Bryanskoy oblasti* [Agrochemical and Agroecological State of Soils of the Bryansk Region]. Bryansk, 2007. 608 p.

18. *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF «Osnovy gosudarstvennoy politiki v oblasti ispol'zovaniya, okhrany, zashchity i vosproizvodstva lesov v Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 g.» ot 26 sent. 2013 g. № 1724-r.* [The Order of the Government of the Russian Federation “Fundamentals of State Policy in the Field of the Use, Protection and Reproduction of Forests in the Russian Federation for the Period to 2030” of September 26, 2013. No. 1724-r.]. Available at: <http://www.http://rg.ru/2013/10/01/lesa-site-dok.html> (accessed 03.03.2016).

19. Remezov N.P., Pogrebnyak P.S. *Lesnoe pochvovedenie* [Forest Soil Science]. Moscow, 1965. 324 p.

20. *Rukovodstvo po vedeniyu lesnogo khozyaystva v zonakh radioaktivnogo zagryazneniya ot avarii na Chernobyl'skoy AES (na period 1997–2000 gg.)*: utv. prikazom rukovoditelya Feder. sluzhby lesn. khoz-va Rossii № 40 ot 31.03.97 [Guidance on Forest Management in the Areas of Radioactive Contamination Due to the Chernobyl Accident (for the Period of 1997–2000): Approved by the Order of the Head of the Federal Forestry Agency of the Russian Federation No. 40 of March 31, 1997.].

21. Tarasenko V.P., Markina Z.N., Egorushkin V.A. *Kompleks lesomeliorativnykh meropriyatiy po snizheniyu negativnykh posledstviy katastrofy na ChAES v zone khvoynno-shirokolistvennykh lesov* [A Complex of Forest Melioration Measures to Reduce the Negative Consequences of the Chernobyl Accident in the Zone of Coniferous and Broad-Leaved Forests]. Bryansk, 2012. 120 p.

22. Kholopova L.B. *Dernovo-podzolistnye pochvy basseyna malogo vodotoka v Podmoskov'e* [Turf-Podsol Soils of Basin of a Small Waterflow in Districts Near Moscow]. *Gruntoznavstvo* [Soil Science], 2004, vol. 5, no. 1-2, pp. 16–26.

23. Anspaugh L.R., Catlin R.J., Goldman M. The Global Impact of the Chernobyl Reactor Accident. *Science*, 1988, vol. 242, no. 4885, pp. 1513–1519.

24. Calmon P., Thiry Y., Zibold G., Rantavaara A., Fesenko S. Transfer Parameter Values in Temperate Forest Ecosystems: a Review. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2009, vol. 100, pp. 757–766. doi: 10.1016/j.jenvrad.2008.11.005

25. Kruyts N., Delvaux B. Soil Organic Horizons as a Major Source for Radiocesium Biocycling in Forest Ecosystems. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2002, vol. 58, pp. 175–190.

26. Myttenaere C., Schell W.R., Thiry Y., Sombre L., Ronneau C., Deschrieck J.V. Modelling of Cs-137 Cycling in Forests: Recent Developments and Research Needed. *Science of the Total Environment*, 1993, vol. 136, pp. 77–91.

27. Nishita H., Taylor P., Alexander G.V., Larson K.H. Influence of Stable Cs and K on the Reactions of <sup>137</sup>Cs and <sup>42</sup>K in Soils and Clay Minerals. *Soil Sci.*, 1962, vol. 94, no. 3, pp. 187–197.

28. Shiraishi K., Muramatsu Y., Nakajima T., Yamamoto M., Los I., Kamarikov I., Buzinny M. Radionuclide Contents in Environmental Samples as Related to the Chernobyl Accident. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 1993, vol. 171, no. 2, pp. 319–328.

29. Thiry Y., Myttenaere C. Behaviour of Radiocaesium in Forest Multilayered Soils. *Journal of Environmental Radioactivity*, 1993, vol. 18, pp. 247–257.

30. Valcke E. *The Behaviour Dynamics of Radiocaesium and Radiostrontium in Soils Rich in Organic Matter*: Ph.D. Thesis. Belgium, 1992. 135 p.

Received on January 25, 2017