

# ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. БИОТЕХНОЛОГИИ

УДК 631.46 (470.343)

DOI: 10.15350/2306-2827.2016.3.59

## ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛУГОВОЙ АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Ю. П. Демаков<sup>1,2</sup>, А. В. Исаев<sup>1</sup>, И. И. Митякова<sup>2</sup>, В. И. Таланцев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Государственный природный заповедник «Большая Кокшага»,  
Российская Федерация, 424038, Йошкар-Ола, ул. Воинов-Интернационалистов, 26

<sup>2</sup>Поволжский государственный технологический университет,  
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3  
E-mail: DemakovYP@volgatech.net; avsacha@yandex.ru

*Приведены результаты исследований по изменению параметров луговой аллювиальной почвы под влиянием древесной растительности. Показано, что особенно сильно изменяется почва в осиннике, где формируется мощный гумусово-элювиальный горизонт, содержащий больше, чем в других экотопах, депонированного в органике углерода, илестых частиц, обменных оснований, подвижных соединений калия и фосфора. Значения pH и степени насыщенности основаниями здесь также самые высокие, что связано с большим содержанием в опаде соединений кальция, нейтрализующих органические кислоты, выделяющиеся в процессе его разложения. В осиннике медленнее, чем в других биогеоценозах, особенно луговых, протекает процесс вымывания илестых частиц из гумусово-элювиального горизонта в иллювиальный. В верхнем 20-сантиметровом слое почвы осинника меньше, чем в других экотопах, содержится Fe, Ni, Cr, Pb и Co. Лидером по содержанию в почве Mn являются культуры тополя, а меньше же всего этого элемента на лугу. Экотопы незначительно различаются между собой по содержанию в почве калия, многие соединения которого очень подвижны.*

**Ключевые слова:** пойменные экотопы; почва; физические и химические параметры; древесная растительность; влияние.

**Введение.** Почва – важнейший компонент биогеоценозов, во многом определяющий их структурную организацию, продуктивность и динамику [1, 2]. Она, в свою очередь, находится под мощным воздействием комплекса биотических и абиотических факторов, определяющих направление её развития [3–10]. Этот вопрос приобретает с каждым годом всё бо-

лее высокую актуальность, что связано с ухудшением состояния многих наземных экосистем в результате возрастания техногенной нагрузки на биосферу и нарушения течения в ней естественного круговорота веществ.

Большая роль растительности в процессе образования и развития почв была доказана уже более 100 лет назад

© Демаков Ю. П., Исаев А. В., Митякова И. И., Таланцев В. И., 2016.

**Для цитирования:** Демаков Ю. П., Исаев А. В., Митякова И. И., Таланцев В. И. Изменение параметров луговой аллювиальной почвы под влиянием лесной растительности // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 3 (31). С. 59–76. DOI: 10.15350/2306-2827.2016.3.59

В. В. Докучаевым, однако этот вопрос, освещённый многими исследователями [11–20], не потерял своей актуальности и поныне, что связано с его большим практическим значением, совершенствованием методов и аппаратуры почвенно-экологических исследований, позволяющих открыть ранее не изученные явления, а также с большим разнообразием природно-климатических условий в различных регионах России и Земного шара, обуславливающих специфику протекания биогеоэценологических процессов. Древесные растения воздействуют в биогеоэценозах на температурно-гидрологический режим почв, состав атмосферных осадков, структуру подпологовой растительности, численность и активность различных деструкторов органического вещества [21–31], что отражается на свойствах почв и процессе их развития. Воздействие одних и тех же видов растений на почву в разных биогеоэценозах проявляется, как отмечает Л. О. Карпачевский [18], неодинаково и во многом зависит от физико-географических условий. Так, берёза в лесной зоне способствует, по сравнению с дубом, осинкой, лиственницей и сосной, большему накоплению гумуса в верхнем горизонте почвы, однако в лесостепной она уже уступает дубу и сравнивается с сосной.

Существует две основные концепции развития почв:

1) процесс развития почв конечен и завершается климаксом, в котором они приходят в равновесное или квазиравновесное состояние с факторами почвообразования;

2) процесс развития почв бесконечен, как бесконечно развитие всей природы, протекающее, как правило, циклично по восходящей спирали.

Модель моноклимаксности противоречит как общим теоретическим положениям, так и имеющимся фактам изменения состояния всех наземных экосистем под действием факторов среды и внутрен-

них сил [32, 33]. Их развитие в большинстве случаев протекает ступенчато, проходя ряд этапов, отличающихся скоростью и направленностью биоэценологических процессов. Поступательное развитие биоэценозов, а в их составе и почв, очень часто останавливают стихийные природные факторы, возвращающие их в исходное или близкое к нему состояние, и им снова приходится проходить через ряд предшествующих этапов. Информация об изменениях условий среды в прошлом откладывается при этом в «ячейках памяти» почв и задача исследователей заключается в её расшифровке, позволяющей делать заключения о закономерностях протекания процессов, строить долгосрочные прогнозы и оптимизировать системы природопользования. При этом исследователи обычно опираются на классическую концепцию, согласно которой факторы почвообразования действуют сверху и степень отличия почвы от коренной породы постепенно уменьшается с глубиной. Эта концепция, которая была базовой на заре генетического почвоведения, практически не учитывает вклада растительности в круговорот веществ, которая избирательно поглощает их из окружающей среды и перемещает из нижних слоёв почвы в верхние, из одного компонента экосистемы и ландшафта в другой. Избирательное поглощение каждым видом растения определённого набора химических элементов из почвы с последующим возвратом преобразованных соединений является одним из главных механизмов сукцессий биоэценозов.

Многообразие почв и воздействующих на них факторов часто затушёвывает или искажает роль растительности в процессе их развития, вследствие чего результаты исследований бывают иногда противоречивыми и требующими продолжения. Работы в этом направлении необходимо проводить в различных природных зонах и экотопах, обращая внимание на характер изменения почв под влия-

янием всего комплекса природных и антропогенных факторов в процессе сукцессий биогеоценозов, а также на реакцию растительности последующей стадии в ответ на изменения, обусловленные предыдущей её стадией. Необходимо также расширять сеть полевых стационаров и модельных объектов, на которых следует проводить мониторинг за состоянием всех компонентов биогеоценозов и параметров условий среды их обитания.

**Целью** нашей работы являлась оценка изменения параметров луговой аллювиальной почвы под влиянием древесной растительности. Эта задача, как может показаться на первый взгляд, далеко не тривиальна, поскольку почва находится под воздействием множества непрерывно изменяющихся факторов, часть из которых может влиять на её качества диаметрально противоположным образом. Полученные результаты, рассмотренные с позиции естественных сукцессий биогеоценозов, могут быть не банальными и дать толчок дальнейшим размышлениям и обобщениям.

#### **Объекты и методика исследования.**

Объекты исследования заложены в лесопарке «Дубовая роща», расположенном в непосредственной близости от г. Йошкар-Олы в пойме реки Малая Кокшага. Общая площадь лесопарка составляет 150 га. Рельеф в пределах всей его территории ровный, а почвенно-экологические условия однородны, что не совсем характерно для большинства участков пойм Русской равнины [34, 35] и объясняется отсутствием наносов аллювия в результате очень спокойного протекания половодий на реке М. Кокшага. Породный же состав лесных биогеоценозов, часть из которых возникла или была создана искусственно на месте коренных пойменных лугов, наоборот, очень разнообразен. Материал собран в пяти экотопах, представляющих собой разные стадии замещения луговых фитоценозов лесными, изменивших в той или иной степе-

ни в процессе своего развития исходное состояние аллювиально-луговой легкоглинистой почвы на карбонатном глинистом аллювии. В каждом из них проведено подробное описание растительности, выкопаны почвенные разрезы, сделано полное их морфологическое описание и взяты образцы из разных горизонтов для оценки физико-химических параметров почвы.

*Пробная площадь № 1* заложена на лугу, покрытом густым и разнообразным травяным покровом, в состав которого входит 52 вида растения. Доминирующим видом является манжетка обыкновенная, содоминирующими – василёк луговой, ежа сборная, осока колючковатая, овсяница красная и тысячелистник обыкновенный. Почва на участке аллювиально-луговая слабо дифференцированная легкоглинистая на карбонатном глинистом аллювии.

*Пробная площадь № 2* заложена в культурах лиственницы сибирской, созданных в 1959 году на подобном лугу. В 2012 году запас древостоя составил 386 м<sup>3</sup>/га, полнота – 0,90, средняя высота – 20,1 м, средний диаметр деревьев – 19,0 см. Подлесок густой высотой до 3 м, состоящий из вяза, черёмухи и рябины. Травяной покров редкий, состоящий из 24 видов растений, доминирует среди которых крапива двудомная. Содоминантами являются гравилат речной, будра плющевидная и полевица собачья.

*Пробная площадь № 3* заложена в культурах тополя бальзамического, созданных в 1951 году на лугу. В 2012 году запас древостоя составил 764 м<sup>3</sup>/га, полнота – 0,95, средняя высота – 32,0 м, средний диаметр деревьев – 24,0 см. Подлесок густой высотой до 5 м, состоящий из липы, вяза, черёмухи и рябины. Травяной покров редкий, состоящий из 29 видов растений, среди которых доминирует вербейник монетный. Содоминантами являются гравилат речной, подмаренник мареновидный и осока острая.

*Пробная площадь № 4* заложена в 65-летнем древостое естественного происхождения состава 6Ос3Лп1Д, возникшем на месте редкостойной дубравы и постепенно переходящем в липняк с пихтой. В 2012 году его запас составил 385 м<sup>3</sup>/га, полнота – 0,90, средняя высота – 22,3 м, средний диаметр деревьев – 17,6 см. Подрост средней густоты высотой до 3–5 м, состоящий из липы и пихты сибирской. Подлесок средней густоты, состоящий из рябины, черёмухи, жимолости и бересклета. Травяной покров средней густоты, состоящий из 24 видов растений, доминирует среди которых сныть обыкновенная. Содоминантами являются медуница, щитовник мужской, ландыш майский и хвощ лесной.

*Пробная площадь № 5* заложена в разновозрастном дубово-липовом древостое естественного происхождения составом 6Д4Лп, ед. Ос и полнотой 0,70. Средний возраст деревьев дуба составляет 150 лет, липы – 65, запас древостоя – 320 м<sup>3</sup>/га, средняя высота – 24,6 м. Подлесок средней густоты высотой до 4–5 м, состоящий из лещины, рябины, жимолости и бересклета. Травяной покров средней густоты, состоящий из 25 видов растений, среди которых доминирует сныть обыкновенная. Содоминантами являются медуница и щитовник мужской.

В этих экотопах в июне 2014 года была измерена температура почвы, а в 2002, 2014 и 2015 годах взяты образцы из разных слоёв для оценки её влажности. В 2014 году с помощью пробоотборника объёмом 275,9 см<sup>3</sup> были взяты образцы почвы из двух слоёв (0–10 и 10–20 см без учёта подстилки) в 3–5 точках для определения валового содержания в них органического вещества и различных зольных элементов. Отобранные сводные образцы почвы перед проведением лабораторных анализов дополнительно разделили на три части, каждую из которых использовали для оценки всех физических и химических параметров в качестве отдельной повтор-

ности. Гранулометрический состав почв определяли в лаборатории Поволжского государственного технологического университета на лазерном анализаторе размеров частиц Analysette 22 Micro Tecplus.

Химический анализ образцов проводили по типовым методикам [36–38]. Для оценки валового содержания металлов в почве её высушивали в шкафу при температуре 105±2 °С до постоянной массы, взвешивали на электронных весах VibraHT/HTR-120E (ShinkoDensy, Japan, 2008) с точностью до 0,0001 г, измельчали, помещали в фарфоровые тигли и озоляли в муфельной печи в течение 8 часов при температуре 500 ± 10 °С. После озонирования тигли помещали в эксикаторы с безводным хлоридом кальция для охлаждения, а затем определяли потери при прокаливании. Прокалённые остатки почвы растворяли в смеси кислот, состоящей из 1 мл концентрированной химически чистой азотной и 3 мл концентрированной особо чистой соляной. Полученные растворы пропускали через обеззоленные фильтры в мерные колбы и разбавляли дистиллированной водой, доводя объём до 25 мл. Определение содержания в золе ионов металлов проводили на атомно-абсорбционном спектрометре AAnalyst 400 (PerkinElmer, USA, 2008) методом градуировочного графика, для построения которого использованы государственные стандартные образцы растворов. Всю мерную посуду (пипетки, колбы) предварительно откалибровали по дистиллированной воде. Стандартные калибровочные растворы и растворы исследуемых образцов вводили в пламя горелки последовательно через распылитель. В качестве горючего газа использовали ацетилен, окислителя – воздух, а калибровочного раствора – 0,1 М раствор HNO<sub>3</sub>. Каждую пробу анализировали на спектрометре три раза и вычисляли среднее значение по образцу.

Обработку цифрового материала провели на ПК с использованием стандарт-

ных методов математической статистики [39] и пакетов прикладных программ.

**Результаты и обсуждение.** Анализ материала показал, что под влиянием древесной растительности изменились практически все морфометрические и физико-химические параметры луговой аллювиальной почвы (табл. 1). Особенно значительные изменения произошли в осиннике, где сформировался мощный гумусово-элювиальный горизонт, содержащий больше, чем в других экотопах илестых частиц, гумуса, обменных оснований, подвижных соединений калия и фосфора. Значения рН и степени насыщенности основаниями здесь также самые высокие. Вторую ранговую позицию по мощности гумусово-элювиального горизонта в порядке её убывания занимает дубово-липовый экотоп, однако почва в нём содержит гумуса и илестых частиц значительно меньше, чем в других лесных биогеоценозах. Несколько ниже мощность гумусового горизонта в культурах тополя бальзамического, хотя илестых частиц и гумуса содержится в нём гораздо больше. В луговом же экотопе мощность гумусового горизонта и значения остальных показателей плодородия почвы самые низкие. Невелика мощность этого горизонта и в культурах лиственницы сибирской, однако гумуса и илестых частиц в нём содержится гораздо больше.

Мощная почвообразующая роль осинника чётко проявляется в иллювиальном горизонте, в котором содержание гумуса, а также подвижных соединений калия и фосфора больше, чем в других экотопах. Значения рН здесь также самые высокие, а содержание илестых частиц самое низкое. Несколько меньше гумуса содержит почва этого горизонта в дубово-липовом экотопе, однако значения гидролитической кислотности и суммы обменных оснований в ней больше, чем в других лесных биогеоценозах. В почве этого горизонта под культурами тополя бальзамического содержание подвижного калия

самое высокое, а подвижного фосфора, наоборот, самое низкое, что связано в определённой мере с более высокой, чем в других экотопах, кислотностью среды. Меньше всего гумуса содержится в луговом экотопе, почва которого имеет самое низкое значение рН. Невелико содержание гумуса и подвижного калия в почве иллювиального горизонта под культурами лиственницы сибирской, однако значения рН и степени насыщенности основаниями здесь самые высокие. Очень мало в этом экотопе значение гидролитической кислотности почвы.

Высокое плодородие гумусового и иллювиального горизонтов почвы в осиннике связано, возможно, со свойствами в этом экотопе подстилающего горизонта, который содержит очень много глины и пылевых частиц, а также подвижных соединений калия и фосфора. Меньше всего глины, калия и обменных оснований содержит почва этого горизонта в луговом экотопе, а фосфора – под культурами тополя.

Почвообразующую роль растительности более чётко отражают не абсолютные значения показателей, а величина их отношения между различными генетическими горизонтами, характеризующая направленность и скорость изменения по градиенту профиля. Расчёты показали, что вымывание илестых частиц из гумусово-элювиального горизонта в иллювиальный, образующихся в результате гидролиза силикатов, быстрее всего происходит в луговом экотопе, что приводит к увеличению доли песка в верхнем слое почвы и её снижению в нижнем (табл. 2). В дубово-липовом биоценозе скорость вымывания ила та же самая, но пыль разрушается и вымывается медленнее, чем в других экотопах. Наиболее медленно процесс вымывания илестых частиц протекает в осиннике, а в культурах лиственницы и тополя его скорость практически одинакова. Чем выше значение рН среды, тем медленнее идет вымывание ила из гумусово-элювиального горизонта в иллювиальный.

Таблица 1

**Значения основных параметров почвы на модельных объектах в лесопарке «Дубовая роща»**

Параметр	Среднее значение параметров в разных экотопах				
	ПП-1	ПП-2	ПП-3	ПП-4	ПП-5
<b>Гумусово-элювиальный горизонт</b>					
Нижняя граница горизонта, см	36	37	42	62	52
Содержание частиц диаметром 0,5–0,05 мм, %	26,8	16,4	18,9	9,4	14,3
Содержание частиц диаметром 0,05–0,001 мм, %	58,0	61,1	59,7	54,4	71,6
Содержание частиц диаметром < 0,001 мм, %	15,2	22,5	21,4	36,2	14,1
Содержание гумуса, %	1,98	3,28	3,93	5,78	2,38
pH солевое	3,96	4,47	4,40	6,10	4,00
Гидролитическая кислотность, мг/экв. на 100 г	7,88	7,86	6,99	3,89	12,5
Сумма обменных оснований, мг/экв. на 100 г	17,2	26,2	24,0	47,3	28,3
Степень насыщенности основаниями, %	64,1	77,3	77,4	92,8	51,5
Содержание K <sub>2</sub> O, мг/100 г	2,50	2,75	17,8	15,9	4,57
Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г	следы	5,50	0,50	7,17	3,36
<b>Иллювиальный горизонт</b>					
Нижняя граница горизонта, см	137	125	170	130	125
Содержание частиц диаметром 0,5–0,05 мм, %	13,9	13,3	26,5	28,4	17,4
Содержание частиц диаметром 0,05–0,001 мм, %	51,8	52,5	40,5	47,3	51,0
Содержание частиц диаметром < 0,001 мм, %	34,3	34,2	33,0	24,3	31,6
Содержание гумуса, %	0,07	0,14	0,17	0,29	0,24
pH солевое	4,56	6,70	4,56	6,57	6,18
Гидролитическая кислотность, мг/экв. на 100 г	4,51	1,56	4,63	6,58	9,71
Сумма обменных оснований, мг/экв. на 100 г	31,0	30,2	31,3	31,0	37,3
Степень насыщенности основаниями, %	86,2	97,3	87,9	83,6	87,6
Содержание K <sub>2</sub> O, мг/100 г	3,75	2,75	23,0	18,5	4,50
Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г	6,75	8,57	2,10	23,4	5,57
<b>Подстилающий горизонт</b>					
Содержание частиц диаметром 0,5–0,05 мм, %	27,2	17,2	23,8	3,7	19,8
Содержание частиц диаметром 0,05–0,001 мм, %	42,9	50,5	44,7	74,6	47,9
Содержание частиц диаметром < 0,001 мм, %	29,9	42,9	31,5	21,7	39,8
pH солевое	7,59	8,14	7,22	6,89	7,04
Гидролитическая кислотность, мг/экв. на 100 г	0,61	0,20	1,25	1,90	1,60
Сумма обменных оснований, мг/экв. на 100 г	31,2	34,0	40,0	32,0	32,7
Степень насыщенности основаниями, %	98,1	98,6	97,0	94,4	95,3
Содержание K <sub>2</sub> O, мг/100 г	4,00	5,00	5,57	23,0	5,00
Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г	7,15	5,80	следы	23,0	8,00

Таблица 2

**Значения основных параметров почвы в гумусово-элювиальном горизонте по отношению к иллювиальному на модельных объектах в лесопарке «Дубовая роща»**

Параметр	Отношение значений параметров в разных экотопах				
	ПП-1	ПП-2	ПП-3	ПП-4	ПП-5
Содержание частиц диаметром 0,5–0,05 мм	1,92	1,23	0,71	0,33	0,82
Содержание частиц диаметром 0,05–0,001 мм	1,12	1,16	1,47	1,15	1,41
Содержание частиц диаметром < 0,001 мм	0,44	0,66	0,65	1,49	0,45
Содержание гумуса	25,0	25,0	25,0	20,0	10,0
pH солевое	0,87	0,67	0,96	0,93	0,65
Гидролитическая кислотность	1,75	5,00	1,52	0,59	1,28
Сумма обменных оснований	0,55	0,87	0,77	1,54	0,76
Степень насыщенности основаниями	0,74	0,79	0,88	1,11	0,59
Содержание K <sub>2</sub> O	0,67	1,00	0,77	0,86	1,02
Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,64	0,24	0,31	0,60

Таблица 3

**Значение параметров математической модели Ципфа-Парето, описывающей процесс изменения содержания гумуса по градиенту глубины профиля в различных экотопах**

Экотоп	Значение параметров уравнения $Y = K \cdot \exp(-a \cdot X^b)$				
	$K$	$a$	$b$	$R^2$	$p$
№ 1, луг	6,70	$67,78 \cdot 10^{-3}$	1,00	0,978	$p < 0,001$
№ 2, культуры лиственницы	12,15	$70,83 \cdot 10^{-3}$	1,00	0,990	$p < 0,001$
№ 3, культуры тополя	9,32	$60,40 \cdot 10^{-3}$	1,00	0,896	$p < 0,01$
№ 4, осинник	7,20	$7,73 \cdot 10^{-7}$	3,50	0,981	$p < 0,001$
№ 5, дубово-липовый древостой	11,97	$118,5 \cdot 10^{-3}$	1,00	0,982	$p < 0,001$

**Примечание:**  $Y$  – содержание гумуса в почве соответствующего экотопа, %;  $X$  – глубина, которой соответствует это значение, см.

При оценке влияния древесной растительности на процесс развития почвы особенно важно, с позиции биогеоценологии, определить скорость накопления в ней гумуса, его последующего разрушения до минеральных составляющих и вымывания их в нижние слои. Этот процесс может быть охарактеризован в определённой мере валовым содержанием гумуса в биогеоценозе и характером изменения её величины по градиенту профиля, которое, как показали проведённые нами расчёты, подчиняется закону экспоненциального убывания, отображаемого уравнением Ципфа-Парето  $Y = K \cdot \exp(-a \cdot X^b)$ , описывающего суть практически всех происходящих в природе процессов распада, разложения и рассеивания [40]. Все параметры этого уравнения имеют конкретный биофизический смысл:  $K$  – значение величины оцениваемого свойства объекта в нулевой точке градиента,  $a$  – скорость снижения величины показателя в градиенте пространства (оно может быть выражено в единицах длины или времени), которая зависит от сопротивления среды;  $b$  – проникающая способность оцениваемой субстанции, зависящая от её активности. В каждом экотопе содержание гумуса в почве изменяется с глубиной сугубо специфически, что объективно отражают значения параметров полученных математических моделей (табл. 3). Так, значение  $K$ , соответствующее содержанию гумуса в почве непосредственно под подстилкой,

наиболее велико в культурах лиственницы и дубово-липовом экотопе. В луговом же экотопе и в осиннике оно минимально. Содержание же гумуса в градиенте профиля почвы изменяется быстрее всего в дубово-липовом экотопе, а наиболее медленно – в осиннике, в котором скорость его проникновения в нижние слои самая высокая.

Полученные уравнения позволяют рассчитать валовое содержание гумуса в пределах любого слоя почвы различных экотопов и сравнить их между собой. Расчёты показали, что первое место в ранговом ряду по массе депонированного гумуса, содержащейся в метровом слое почвы и, следовательно, воздействия на процесс её преобразования, занимают осинники, превосходящие дубово-липовые и луговые биогеоценозы в 2,8–3,3 раза (рис. 1). Столь необычный результат объясняется преобладанием в осиннике, который представляет собой пионерную стадию сукцессии лесных экосистем, процесса накопления гумуса в результате очень высоких темпов образования массы органического вещества и опада над его разрушением в почве, отличающейся самой низкой биологической активностью [26]. В зрелом дубово-липовом биогеоценозе, находящемся в сукцессионном ряду на значительно более высокой стадии развития, процесс разрушения гумуса в результате деятельности почвенной биоты и корней расте-

ний преобладает над его накоплением, что приводит к истощению его запасов и постепенной утрате плодородия почвы. Этим объясняется, вероятно, современная деградация дубрав, отмечающаяся в пределах практически всего ареала их распространения [41]. Содержание гумуса в почвах лесных биогеоценозов не остаётся постоянным в ходе сукцессий, а циклически изменяется, подчиняясь определённым внутренне обусловленным ритмам, чётко проявляющимся, как нами было установлено [42, 43], в длинноволновых колебаниях величины радиального годовичного прироста деревьев и класса бонитета древостоев (рис. 2), абсолютно

не связанных с изменениями погодных условий. Справедливость этого положения, которое является пока всего лишь красивой гипотезой, могут доказать или опровергнуть дальнейшие исследования с привлечением более обширного материала. Небольшой запас гумуса в почве лугового экотопа объясняется сбалансированностью процессов его накопления и разрушения, а также низкой продуктивностью фитоценоза. В культурах лиственницы и тополя, являющихся молодыми в сукцессионном отношении биогеоценозами, процесс накопления гумуса преобладает в настоящее время над процессом его разрушения.

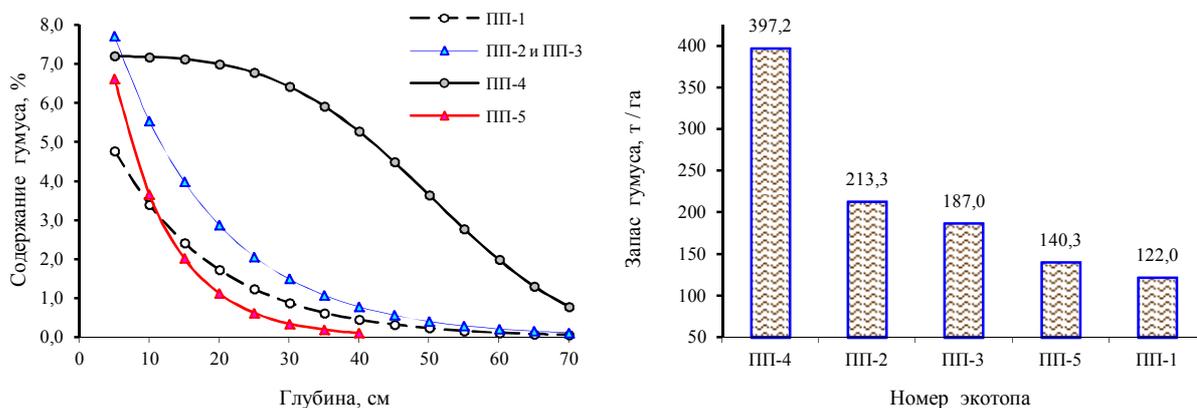


Рис. 1. Характер изменения содержания гумуса в почве различных экотопов по градиенту её глубины и его запасы в верхнем метровом слое

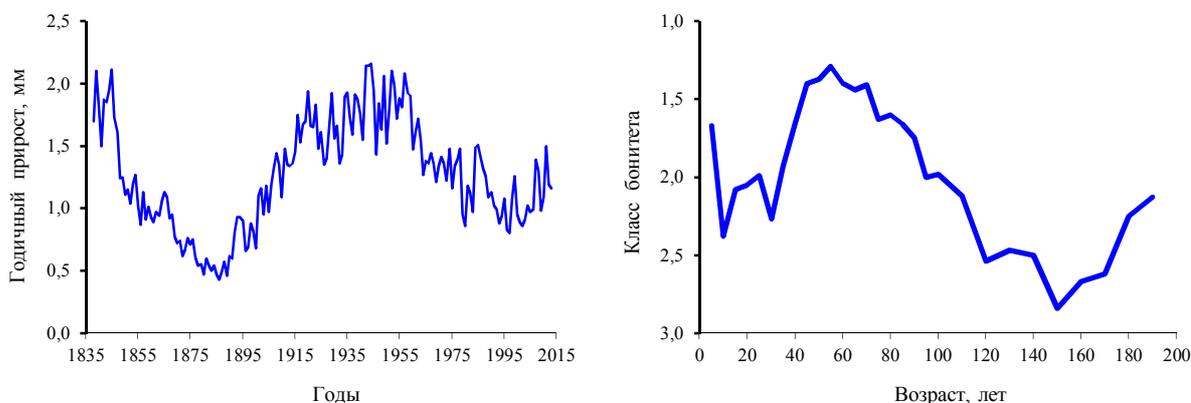


Рис. 2. Динамика радиального годовичного прироста деревьев дуба в пойменных лесах заповедника «Большая Кокшага» и класса бонитета дубово-липовых древостоев в Марийском Предволжье

Во всех экотопах, кроме осинника, гидролитическая кислотность снижается по градиенту профиля, и особенно быстро это происходит в культурах лиственницы. Сумма же обменных оснований и степень насыщенности ими почвы снижаются лишь в осиннике, а в остальных экотопах с глубиной возрастают. Наиболее значительное возрастание первого из этих параметров почвы отмечается на лугу, а второго – в дубово-липовом экотопе. Их значения изменяются между горизонтами почвы в экотопах не совсем синхронно с изменениями значений рН среды, возрастающих с глубиной во всех экотопах. Медленнее всего это происходит в осиннике и культурах тополя бальзамического, быстрее же всего величина рН увеличивается в культурах лиственницы и дубово-липовом экотопе.

Содержание подвижного калия в почве культур лиственницы и дубово-липового экотопа в гумусово-элювиальном и иллювиальном горизонтах практически одинаково, а в остальных экотопах оно с глубиной возрастает, особенно на лугу. Содержание же подвижного фосфора во всех экотопах, особенно в луговом, увеличивается с глубиной, что связано, как нам представляется, с воздействием на минеральные и органические компоненты почвы корневых выделений растений, благодаря которым они переводят неподвижные соединения питательных веществ в легко усвояемые подвижные. На этот процесс дополнительно воздействуют, как нами было установлено [31], кроновые экзометаболиты растений.

Скорость и направленность процесса развития почв во многом зависит, как известно, от температуры окружающей среды и количества поступающих осадков, которые определяют успешность жизнедеятельности почвенной биоты, интенсивность протекания биохимических процессов и перемещение веществ по градиенту профиля. Исследования показали, что во всех экотопах сложился свой сугубо специфический температурно-влажностный режим почв (табл. 4, рис. 3 и 4). Наиболее сильно прогревается верхний слой почвы на лугу, где температура почти на 3 °С выше, чем под пологом лесных биогеоценозов. В культурах лиственницы она на 1 °С выше, чем в лиственных древостоях. Влажность верхнего 20-см слоя почвы на лугу во все годы, кроме 2015, характеризующегося обилием летних осадков, была ниже, чем в лесных экотопах, особенно в осиннике и дубо-липняке. Влажность почвы на глубине 30–50 см в засушливом 2002 году была самой низкой в культурах лиственницы, а самой высокой – в осиннике и тополельнике. В сыром же 2015 году ситуация сменилась на диаметрально противоположную: влажность этого слоя почвы была самой низкой в осиннике и культурах тополя, а самой высокой – в луговом экотопе. На глубине 50–70 см влажность почвы в 2002 году самой низкой была в культурах лиственницы, а самой высокой – дубово-липовом экотопе. В 2015 году влажность этого слоя почвы была самой низкой в осиннике, а самой высокой – на лугу.

Таблица 4

**Результаты измерения температуры и влажности верхнего 20-см слоя почвы на модельных объектах в различных экотопах лесопарка «Дубовая роща»**

Параметр	Среднее значение параметра в разных экотопах				
	ПП-1	ПП-2	ПП-3	ПП-4	ПП-5
Температура 04.06.2014 г., °С	16,8	15,1	14,0	14,1	14,0
Влажность 06.09.2002 г., %	17,2	21,8	18,2	30,8	25,3
Влажность 04.06.2014 г., %	16,1	16,4	18,2	19,7	22,4
Влажность 30.09.2015 г., %	34,4	13,1	21,4	19,5	21,6
Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	1,00	1,18	1,11	1,14	1,07

Расчёты показали, что запасы воды в верхнем 70-см слое почвы в 2002 году были самые высокие в осиннике (194 мм), а самые низкие – на лугу (130 мм). В сыром 2015 году на лугу они были, наоборот, самые высокие (162 мм), а в культурах лиственницы – самые низкие (103 мм). Во всех экотопах, кроме лугового, запасы воды были, как это ни странно, ниже, чем в засушливом 2002 году. Этот парадокс связан с воздействием многих факторов, определяющих баланс между поступлением воды и её расходом в экотопах. Большое влияние на текущий запас воды в почве оказывает полог леса, задерживающий поступление атмосферных осадков, особенно слабых, которые преобладали в 2015 году. Он связан также с интенсивностью испарения её фитоценозами, которая во многом

определяется скоростью продукционного процесса. Немаловажное значение на текущий запас воды оказывает её запас в предыдущем году, а также продолжительность половодья, обеспечивающего насыщение почвы влагой. В луговом экотопе, таким образом, почва в засушливые годы иссушается больше, чем в лесных, а особенно в осиннике. В годы же с обильными осадками она в первом из них, наоборот, увлажняется гораздо сильнее. В результате этого в экотопах формируются разные условия для развития почв и накопления в ней гумуса. Наиболее высокий запас гумуса в осиннике накопился в результате слабого разложения отмершего органического вещества в условиях низкой влажности почвы и высокой насыщенности её основаниями.

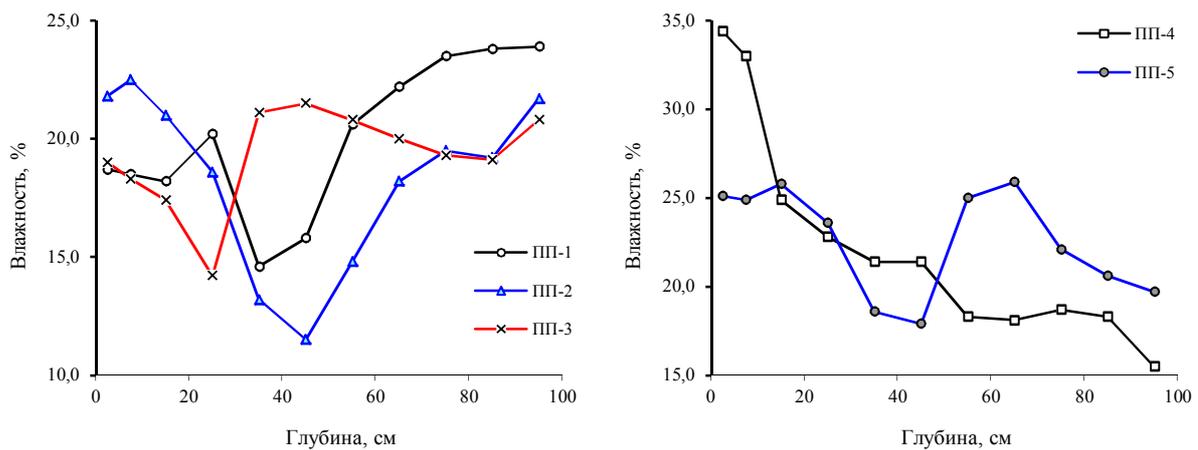


Рис. 3. Изменение в экотопах влажности почвы по градиенту её глубины в сентябре сухого 2002 года

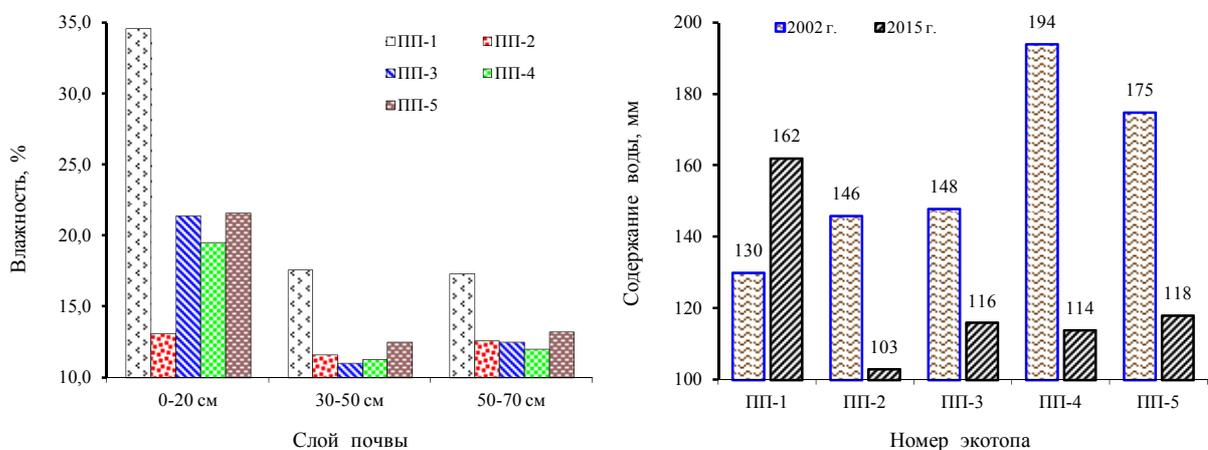


Рис. 4. Изменение влажности почвы по градиенту профиля в конце сентября 2015 года и содержание воды в верхнем 70-см слое почвы в сентябре сухого 2002 и влажного 2015 гг. в различных экотопах

Анализ материала показал, что почва в лесопарке «Дубовая роща» характеризуется определённым составом зольных элементов, ранговый ряд которых в разных экотопах в целом практически одинаков. Первое место в нём занимает железо, за которым следуют кальций, калий и марганец. Замыкают ранговый ряд зольных элементов медь, стронций и кадмий. Содержание всех зольных элементов довольно сильно варьирует на объекте исследования (табл. 5), что связано как с естественной пестротой почвенного покрова, так и с влиянием растительности. Так, в почве осинника меньше, чем в других экотопах, содержание железа,

никеля, хрома, свинца и кобальта, которых больше всего в почве под культурами лиственницы. Содержание же кальция, который является основой растительных клеток, в осиннике, наоборот в 4,2 выше, чем в лиственничнике. По содержанию в почве марганца лидером являются культуры тополя, а меньше всего этого элемента на лугу. Экотопы незначительно различаются между собой по содержанию в почве калия, многие соединения которого очень подвижны, и части микроэлементов, а особенно никеля. Наиболее сильно экотопы различаются между собой по содержанию железа, кальция и марганца.

Таблица 5

**Валовое содержание зольных элементов в почве разных экотопов**

Элемент	Содержание элементов в разных экотопах, мг/кг					F <sub>факт</sub>	НСР <sub>0,05</sub>
	ПП-1	ПП-2	ПП-3	ПП-4	ПП-5		
Слой почвы 0–10 см							
<i>Fe</i>	13943,3	20331,0	11750,0	8504,4	16050,1	51,89	2664,9
<i>Ca</i>	11224,4	3462,3	12803,6	14428,4	3514,3	321,2	1251,5
<i>K</i>	1756,0	1755,9	1652,9	1739,4	1795,7	3,07	129,3
<i>Mn</i>	563,5	891,8	1283,8	795,9	1015,5	6,41	450,9
<i>Zn</i>	38,9	35,2	27,3	28,4	37,7	19,35	5,2
<i>Ni</i>	26,5	27,7	26,3	22,8	24,4	17,07	2,03
<i>Cr</i>	19,8	23,4	18,0	15,5	20,1	79,05	1,39
<i>Pb</i>	10,7	12,3	9,3	8,3	10,3	37,2	1,05
<i>Co</i>	5,92	7,79	6,56	4,38	5,86	25,4	1,05
<i>Cu</i>	7,52	6,10	3,82	4,06	4,17	266,9	0,42
<i>Sr</i>	3,41	5,18	2,95	3,48	4,74	170,7	0,31
<i>Cd</i>	0,23	0,27	0,16	0,26	0,38	16,7	0,08
Слой почвы 10–20 см							
<i>Fe</i>	16184,4	17419,9	11584,4	12805,3	22359,7	16,98	4439,2
<i>Ca</i>	12140,9	2615,0	15180,6	10890,8	2315,4	374,1	1293,8
<i>K</i>	1791,1	1762,7	1715,5	1658,4	1637,1	10,8	86,0
<i>Mn</i>	549,9	1215,3	1132,5	2193,0	2305,4	12,0	924,9
<i>Zn</i>	39,9	29,1	34,5	24,9	35,2	24,1	5,1
<i>Ni</i>	29,7	27,2	25,9	27,9	27,8	1,29	5,2
<i>Cr</i>	23,5	22,6	14,6	17,7	23,9	68,9	2,13
<i>Pb</i>	9,29	11,5	10,3	11,1	11,9	4,30	2,12
<i>Co</i>	5,85	8,72	6,03	8,47	9,62	9,61	2,33
<i>Cu</i>	5,26	4,14	6,70	3,95	4,47	87,6	0,52
<i>Sr</i>	3,65	3,13	3,51	2,29	3,00	58,3	0,30
<i>Cd</i>	0,20	0,16	0,23	0,23	0,24	-	-

**Примечание:** значение критерия Фишера при  $P = 0,05$  равно 2,61; НСР – наименьшая существенная разность между значениями параметров разных экотопов на 5 %-ном уровне значимости

Расчёты, проведённые на основе полученных данных, показали, что общая масса содержания макроэлементов в почве в экотопах огромна. Так, к примеру, масса железа в верхнем 20-см слое изменяется от 24 т/га в осиннике до 41,5 в культурах лиственницы (табл. 6). Масса всех учтённых нами элементов, число которых далеко не полно, изменяется от 50,4 т/га в почве лугового экотопа до 61,1 в культурах тополя. Для её перемещения из одного слоя почвы в другой, которое осуществляется в процессе биологического круговорота не только сверху вниз, но также и в обратном направлении, требуется очень большая энергия. В нисходящем потоке веществ участвуют атмосферные осадки, благодаря чему почвенные растворы поступают в нижние слои почвы, и растения посредством своих кроновых выделений, увеличивают подвижность многих химических элементов [30]. Восходящий же поток элементов обеспечивают в основном растения, поглощая их корнями в нижних слоях почвы и поднимая по стволу в крону. Растения, таким образом, являются не пассивными потребителями элементов питания из почвы, а активными её преобразователями, обеспечивающими не только (и даже не столько)

своё существование, но и подготавливая условия среды для смены в ходе сукцессий одних видов другими.

В ходе проведения исследований нами было установлено, что многие зольные элементы вымываются из верхнего слоя почвы в нижние и для их обратного перемещения растения затрачивают определённую энергию. Железо, марганец, никель, хром и свинец наиболее активно вымываются в осиннике, кальций – в дубо-липняке, а калий, цинк, медь, стронций и кадмий – в культурах тополя (табл. 7). Медленнее же всего вымывание многих из этих элементов происходит в луговом экотопе. Суммарная масса всех элементов, вымытых из верхнего слоя почвы в нижний, наиболее велика в дубово-липовом экотопе. Меньше всего эта величина на лугу и в культурах лиственницы. В ряде экотопов отмечается аккумуляция некоторых элементов в верхнем слое почвы: на лугу – марганца, свинца, меди и кадмия, в культурах лиственницы – кальция, меди, стронция и кадмия, в осиннике – кальция и стронция, в дубо-липняке – стронция и кадмия. Лишь в культурах тополя происходит вымывание всех оценённых нами элементов.

Таблица 6

Масса зольных элементов в верхнем 20-см слое почвы разных экотопов

Элементы	Масса элементов в разных экотопах, кг/га				
	ПП-1	ПП-2	ПП-3	ПП-4	ПП-5
<i>Fe</i>	26019,0	41523,9	24809,7	24014,1	32197,6
<i>Ca</i>	20204,6	6640,6	29934,3	27444,3	12573,7
<i>K</i>	3059,5	3924,8	3586,0	3732,3	3498,1
<i>Mn</i>	962,0	2396,2	2551,1	3447,0	2618,5
<i>Zn</i>	67,9	71,1	66,6	58,3	69,4
<i>Ni</i>	48,6	61,3	55,5	56,5	52,5
<i>Cr</i>	37,3	51,3	34,2	36,8	40,5
<i>Pb</i>	17,3	26,5	20,9	21,7	21,3
<i>Co</i>	10,2	18,6	13,3	14,6	14,0
<i>Cu</i>	11,0	11,1	11,5	8,8	9,2
<i>Sr</i>	6,1	9,0	6,9	6,2	7,6
<i>Cd</i>	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6

Таблица 7

## Отношение массы зольных элементов между различными слоями почвы

Элемент	Отношение массы элементов в слое 10–20 см к слою 0–10 см в разных экотопах, %				
	ПП-1	ПП-2	ПП-3	ПП-4	ПП-5
<i>Fe</i>	117,8	112,0	123,4	188,0	132,2
<i>Ca</i>	109,7	98,7	148,5	93,3	314,3
<i>K</i>	103,5	130,8	130,1	117,7	125,3
<i>Mn</i>	99,1	176,2	110,3	346,3	197,4
<i>Zn</i>	104,0	106,8	159,0	108,3	112,3
<i>Ni</i>	114,0	126,8	123,6	152,1	149,0
<i>Cr</i>	120,6	124,8	101,1	140,8	133,1
<i>Pb</i>	87,7	120,8	139,5	165,5	138,8
<i>Co</i>	100,2	144,1	114,9	241,9	176,4
<i>Cu</i>	71,0	88,2	220,0	120,4	153,8
<i>Sr</i>	108,4	78,2	148,5	81,2	85,4
<i>Cd</i>	86,7	74,6	180,3	111,3	72,8

Полученные нами результаты, основанные пока на ограниченном объёме собранного материала, не отражают в полной мере влияния различных древесных пород на изменение свойств пойменной луговой почвы, во многом связанное с направлением и скоростью перемещения веществ из одного слоя в другой. Они характеризуют лишь самые общие черты этого процесса. Для глубокого познания закономерностей протекания круговорота веществ в биогеоценозах необходимо проведение длительных наблюдений на стационарных объектах, лучше всего специально созданных для этой цели, как это было сделано сотрудниками Института леса Сибирского отделения РАН [20], за состоянием и продуктивностью всего биогеоценоза, а также детальных лабораторных исследований влияния кроновых выделений (экзометаболитов) различных видов деревьев на весь комплекс физико-химических параметров почв. Необходимо также проведение опытов по оценке роли одних видов деревьев на успешность развития других путём выращивания их в экотопах, занятых ранее различными древостоями. В упрощённой форме эти опыты можно поставить на сеянцах древесных пород, выращиваемых на грунте, взятом в различных биогеоценозах.

**Заключение.** Древесная растительность, как показали проведённые нами

исследования, очень сильно изменяет исходное состояние луговой аллювиальной почвы. Она, прежде всего, воздействует на температурно-влажностный режим под пологом леса, что существенным образом отражается на почвообразовательном процессе и изменении всех параметров почв: в лесных биогеоценозах, особенно в осинниках, в засушливые годы почва влажнее, чем на лугу, а в годы с обильными осадками, наоборот, суше.

Влияние каждой породы деревьев на различные параметры луговой аллювиальной почвы очень специфично. Особенно сильно изменяется почва в осиннике, где формируется мощный гумусово-аллювиальный горизонт, содержащий больше, чем в других экотопах депонированного в органике углерода, илестых частиц, обменных оснований, подвижных соединений калия и фосфора. Значения pH и степени насыщенности основаниями здесь также самые высокие и изменяются они по градиенту глубины почвы медленнее, чем в других экотопах. В осиннике медленнее, чем в других биогеоценозах, особенно луговых, протекает процесс вымывания илестых частиц из гумусово-аллювиального горизонта в иллювиальный. В почве осинника меньше, чем в других экотопах, Fe, Ni, Cr, Pb и Co, которых больше всего содержится в почве под культурами лиственницы. Лидером по содер-

жанию в почве марганца являются культуры тополя, а меньше всего этого элемента на лугу. Экотопы незначительно различаются между собой по содержанию в почве калия, многие соединения которого очень подвижны, и части микроэлементов.

Многие зольные элементы вымываются из верхнего слоя почвы в нижние и для их обратного перемещения растения затрачивают определённую энергию. Так, железо, марганец, никель, хром и свинец наиболее активно вымываются в почве осинника, Ca – дубово-липового экотопа, а K, Zn, Cu, Sr и Cd – тополёвника. Медленнее же всего происходит вымывание многих из этих элементов в луговом экотопе. Суммарная масса всех элементов,

вымываемых из верхнего слоя почвы в нижний, наиболее велика в дубово-липовом экотопе. Меньше всего эта величина на лугу и в культурах лиственницы. В ряде экотопов отмечается накопление содержания некоторых элементов в верхнем слое почвы по сравнению с нижним: в луговом экотопе – Mn, Pb, Cu и Cd, в культурах лиственницы – Ca, Cu, Sr и Cd, в осиннике – Ca и Sr, в дубо-липняке – Sr и Cd. Лишь в культурах тополя происходит вымывание всех этих элементов.

Растения, таким образом, являются активными преобразователями, обеспечивая как своё существование, так и подготавливая условия среды для смены сообществ в ходе сукцессий.

#### Список литературы

1. Зонн С. В. Почва как компонент лесного биогеоценоза // Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964. С. 372–495.
2. Константинов В. Д. Место и роль почвы в лесных экосистемах // Генезис, эволюция и география почв Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1988. С. 98–115.
3. Иенни Г. Факторы почвообразования. М.: Изд-во иностранной литературы, 1948. 347 с.
4. Тюрин И. В. Вопросы генезиса и плодородия почв. М.: Наука, 1966. 288 с.
5. Смирнов В. Н. Почвы Марийской АССР, их генезис, эволюция и пути улучшения. Йошкар-Ола: Маркнигоиздат, 1968. 531 с.
6. Ковда В. А. Основы учения о почвах. М.: Наука, 1973. 447 с.
7. Зонн С. В. Современные проблемы генезиса и географии почв. М.: Наука, 1983. 168 с.
8. Карпачевский Л. О., Строганова М. Н. Общие закономерности почвообразования в лесной зоне // Почвообразование в лесных биогеоценозах. М.: Наука, 1989. С. 5–12.
9. Соколов И. А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. Новосибирск: Гуманитарные технологии, 2004. 288 с.
10. Газизуллин А. Х. Почвенно-экологические условия формирования лесов Среднего Поволжья. Т. 1. Почвы лесов Среднего Поволжья, их генезис, систематика и лесорастительные свойства. Казань: РИЦ «Школа», 2005. 496 с.
11. Ткаченко М. Е. Влияние отдельных пород деревьев на почву // Почвоведение. 1939. № 10. С. 3–17.
12. Ремезов Н. П. О роли леса в почвообразовании // Почвоведение. 1953. № 12. С. 74–83.
13. Зонн С. В. Влияние леса на почвы. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 160 с.
14. Похитон П. П. Влияние различных древесных пород на почву // Почвоведение. 1958. № 6. С. 49–55.
15. Шакиров К. Ш. Влияние различных лесных насаждений на почвообразовательный процесс. Казань: КГУ, 1961. 63 с.
16. Миронов Н. А. Зависимость между свойствами почв и составом смешанных насаждений // Научные доклады высшей школы. Биол. науки. 1964. № 1. С. 199–204.
17. Смольянинов И. И. Биологический круговорот веществ и повышение продуктивности лесов. М.: Лесная промышленность, 1969. 192 с.
18. Карпачевский Л. О. Лес и лесные почвы. М.: Лесная промышленность, 1981. 264 с.
19. Карпачевский Л. О. Роль биоценоза в формировании почв // Роль почвы в лесных биогеоценозах: Чтения памяти академика В. Н. Сукачева. Вып. 12. М.: Наука, 1995. С. 38–52.
20. Моделирование развития искусственных лесных биогеоценозов / Шугалей Л. С., Семечкина М. Г., Яшихин Г. И., Дмитриенко В. К. Новосибирск: Наука, 1984. 152 с.
21. Высоцкий Г. Н. О гидрологическом и метеорологическом влиянии лесов. М.: Государственное лесотехническое изд-во, 1938. 67 с.
22. Поздняков Л. К. О роли осадков, проникающих под полог леса, в процессе обмена веществ между лесом и почвой // Доклады АН СССР. 1956. Т. 107. № 5. С. 753–756.
23. Мина В. Н. Выщелачивание некоторых веществ атмосферными осадками из древесных растений и его значение в биологическом круговороте // Почвоведение. 1965. № 6. С. 7–17.
24. Соколов А. А. Химический состав атмосферных осадков, прошедших сквозь полог елово-

го и березового древостоя // Лесоведение. 1972. № 3. С. 103–106.

25. *Медведев Л. В., Шитикова Т. Е., Алексеев В. А.* Трансформация жидких атмосферных осадков древостоями южной тайги (на примере Валдая) // Структура и функционирование экосистем южной тайги. М.: Наука, 1986. С. 26–55.

26. *Шарафутдинова О. Д., Шарафутдинов Р. Н.* Сезонная динамика биологической активности почв в осиновых, березовых и еловых фитосеннозах // Экологические основы рационального лесопользования в Среднем Поволжье. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. С. 245–247.

27. *Пристова Т. А.* Влияние древесного полога лиственнично-хвойного насаждения на химический состав осадков // Лесоведение. 2005. № 5. С. 49–55.

28. Трансформация химического состава атмосферных осадков пологом древостоя южнотайжных лесов / С. В. Марунич, А. С. Буров, Ю. Н. Кузнецова, И. В. Недогарко // Известия РАН. Серия географическая. 2006. № 4. С. 52–57.

29. *Арчегова И. Б., Кузнецова Е. Г.* Влияние древесных растений на химический состав атмосферных осадков в процессе восстановления средне-таежных лесов // Лесоведение. 2011. № 3. С. 34–43.

30. *Демаков Ю. П., Исаев А. В.* Влияние аэриального поступления веществ на их круговорот в лесных экосистемах // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2015. № 1 (25). С. 66–86.

31. Химическая и биологическая активность водных экстрактов лесных растений / Ю. П. Демаков, А. В. Исаев, В. И. Таланцев, О. В. Малюта // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2015. № 2 (26). С. 57–76.

32. *Разумовский С. М.* Закономерности динамики биоценозов. М.: Наука, 1982. 232 с.

33. Экологические системы. Адаптивная оценка и управление / Под ред. К. С. Холинга. М.: Мир, 1981. 398 с.

34. *Добровольский Г. В.* Почвы речных пойм центра Русской равнины. М.: МГУ, 1968. 268 с.

35. *Исаев А. В.* Формирование почвенного и растительного покрова в поймах речных долин Марийского Полесья (на примере территории заповедника «Большая Кокшага»). Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. 240 с.

36. *Аринушкина Е. В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.

37. Методика выполнения измерений валового содержания меди, кадмия, цинка, свинца, никеля, марганца, кобальта, хрома методом атомно-абсорбционной спектроскопии. М.: ФГУ ФЦАО, 2007. 20 с.

38. Методы биогеохимического исследования растений / Под ред. А. И. Ермакова. Л.: Агропромиздат, 1987. 450 с.

39. *Дмитриев Е. А.* Математическая статистика в почвоведении. М.: МГУ, 1972. 292 с.

40. *Демаков Ю. П.* Диагностика устойчивости лесных экосистем (методические и методологические аспекты). Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 2000. 416 с.

41. *Калиниченко Н. П.* Дубравы России. М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. 536 с.

42. *Демаков Ю. П., Исаев А. В.* Закономерности динамики радиального прироста деревьев дуба в пойменных лесах заповедника // Научные труды государственного природного заповедника «Большая Кокшага». Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. Вып. 7. С. 139–156.

43. *Демаков Ю. П., Краснов В. Г., Исаев А. В.* Структура и закономерности развития древостоев с участием дуба в лесах Марийского Предволжья // Вестник Удмуртского государственного университета. Серия: Биология. Науки о Земле. 2015. Т. 25. Вып. 4. С. 53–62.

Статья поступила в редакцию 27.06.16.

### Информация об авторах

*ДЕМАКОВ Юрий Петрович* – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, государственный природный заповедник «Большая Кокшага»; профессор-консультант кафедры лесных культур, селекции и биотехнологии, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – лесоведение, лесоводство, биогеоценология, экология. Автор 300 публикаций, в том числе 11 монографий и учебных пособий.

*ИСАЕВ Александр Викторович* – кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе, государственный природный заповедник «Большая Кокшага». Область научных интересов – биогеоценология, лесное почвоведение, охрана природы. Автор 50 публикаций, в том числе одной монографии.

*МИТЯКОВА Ирина Ивановна* – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, почвоведения и природопользования, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – экология, почвоведение. Автор 50 публикаций.

*ТАЛАНЦЕВ Владимир Иванович* – инженер кафедры химии, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – химия органических соединений, физическая химия, экология. Автор 19 публикаций.

UDC 631.46 (470.343)

DOI: 10.15350/2306-2827.2016.3.59

### ALTERATIONS IN THE PARAMETERS OF MEADOW ALLUVIAL SOIL INFLUENCED BY FOREST VEGETATION

*Yu. P. Demakov<sup>1,2</sup>, A. V. Isaev<sup>1</sup>, I. I. Mityakova<sup>2</sup>, V. I. Talantsev<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>State Nature Reserve «Bolshaya Kokshaga»,

26, Voinov-Internatsionalistov St., Yoshkar-Ola, 424038, Russian Federation

<sup>2</sup>Volga State University of Technology,

3, Lenin Squire, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation

E-mail: DemakovYP@volgatech.net; avsacha@yandex.ru

**Key words:** flood plain ecotopes; soil; physical and chemical parameters; woody vegetation; impact.

#### ABSTRACT

**Introduction.** Rationale of the research is driven by the need to detect regularities in the alteration of soil properties in terms of soil natural development and anthropogenic transformation. Based on the research results it is possible to adjust the activities of nature management. The research is aimed at the estimate of impact exerted by the wooden vegetation onto the parameters of meadow alluvial soil and the detection of regularities in its development. **Materials and methods.** The data for the current research were collected in five different flood plain ecotopes, representatives of various stages of meadow phytocenoses replacement with forest phytocenoses, which to a greater or smaller extent changed its original state of alluvial-meadow light clay soil on carbonated clay alluvium. We estimated a wide range of physical and chemical properties of soil samples using standard procedures and state-of-the-art equipment: Laser Particle Sizer ANALYSETTE 22 MicroTec plus, atomic absorption spectrophotometer AAnalyst 400 (Perkin Elmer, USA, 2008), etc. The research material underwent standard procedures of computer-aided mathematical statistics with specially designed software. **Results.** Woody vegetation considerably changes its original state of meadow alluvial soil. First of all, it alters the microclimate under the forest canopy which results in changes in the soil formation and its parameters: in forest biogeocenoses, particularly in aspen wood, where the soil is more humid than in the meadow during dry years and on the contrary, dryer during seasons with abundant precipitations. In aspen wood the soil undergoes the most considerable changes. In aspen wood there occurs the formation of powerful humus eluvial horizon, which is richer than other ecotopes in organic substances, silt, exchange bases, movable connections of potassium and phosphorus. The soil in the aspen wood contains less Fe, Ni, Cr, Pb and Co elements than other ecotopes. The amount of these elements is especially high in larch wood soils. The highest amount of manganese is found in soil under the poplar species, while the lowest amount of manganese is found in meadows. There are minor differences between the ecotopes in terms of potassium contents.

#### REFERENCES

1. Zonn S. V. Pochva kak komponent lesnogo biogeotsenoza [Soils as a component of forest biogeocenoses]. *Osnovy lesnoy biogeotsenologii* [Bases of forest biogeocenology]. Moscow: Nauka, 1964. Pp. 372–495.
2. Konstantinov V. D. Mesto i rol pochvy v lesnykh ekosistemakh [Role and place of soil in forest ecosystems]. *Genezis, evolyutsiya i geografiya pochv Zapadnoy Sibiri* [Genesis, evolution and geography of soils on the West Siberia]. Novosibirsk: Nauka, 1988. Pp. 98–115.
3. Ienni G. Faktory pochvoobrazovaniya [Soil formation factors]. Moscow: Foreign Literature Publishing House, 1948. 347 p.
4. Tyurin I. V. *Voprosy genezisa i plodorodiya pochv* [Genesis issues and soil fertility]. Moscow: Nauka, 1966. 288 p.
5. Smirnov V. N. *Pochvy Mariyskoy ASSR, ikh genezis, evolyutsiya i puti uluchsheniya* [Soils in Mari El, their genesis, evolution and ways of improvement]. Yoshkar-Ola: Marknigoizdat, 1968. 531 p.
6. Kovda V. A. *Osnovy ucheniya o pochvakh* [Bases of soil science]. Moscow: Nauka, 1973. 447 p.
7. Zonn S. V. *Sovremennye problemy genezisa i geografii pochv* [Contemporary problems of soil genesis and geography]. Moscow: Nauka, 1983. 168 p.
8. Karpachevskiy L. O., Stroganova M.N. *Obshchie zakonomernosti pochvoobrazovaniya v lesnoy zone* [Common regularities of soil formation in the forest zone]. *Pochvoobrazovanie v lesnykh biogeotsenozakh* [Soil formation in forest biogeocenoses]. Moscow: Nauka, 1989. Pp. 5–12.
9. Sokolov I. A. *Teoreticheskie problemy geneticheskogo pochvovedeniya* [Theoretical problems of genetic soil science]. Novosibirsk: Gumanitarnye tekhnologii, 2004. 288 p.
10. Gazizullin A. Kh. *Pochvenno-ekologicheskie usloviya formirovaniya lesov Srednego Povolzhya*

[Soil and environmental conditions of forest formation in the Middle Volga Region]. *Pochvy lesov Srednego Povolzhya, ikh genesis, sistematika i lesorastitelnye svoystva* [Forest soils in the Middle Volga Region, genesis, systematics and forest growing properties]. Kazan: RITS «Shkola», 2005. Vol. 1. 496 p.

11. Tkachenko M. E. Vliyaniye ot delnykh porod derev na pochvu [The impact of certain tree species on soil]. *Pochvovedenie* [Soil Science]. 1939. No 10. Pp. 3–17.

12. Remezov N. P. O roli lesa v pochvoobrazovaniy [On the role of forest in soil formation]. *Pochvovedenie* [Soil science]. 1953. No 12. Pp. 74–83.

13. Zonn S. V. Vliyaniye lesa na pochvy [The impact of forest on soil]. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1954. 160 p.

14. Pokhiton P. P. Vliyaniye razlichnykh drevnykh porod na pochvu [The impact of vegetable wooden species on soil]. *Pochvovedenie* [Soil science]. 1958. No 6. Pp. 49–55.

15. Shakirov K. Sh. Vliyaniye razlichnykh lesnykh nasazhdeniy na pochvoobrazovatelnyy protsess [The impact of forest vegetation on the soil formation process]. Kazan: Kazan State University, 1961. 63 p.

16. Mironov N. A. Zavisimost mezhdu svoystvami pochv i sostavom smeshannykh nasazhdeniy [Interrelations between soil property and mixed plantations composition]. *Nauchnye doklady vysshey shkoly. Biol. nauki.* [Scientific reports of higher school. Biological sciences]. 1964. No 1. Pp. 199–204.

17. Smolyaninov I. I. *Biologicheskii krugovorot veshchestv i povysheniye produktivnosti lesov* [Biological circulation of elements and productivity enhancement in forests]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1969. 192 p.

18. Karpachevskiy L. O. *Les i lesnye pochvy* [Forest and forest soils]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1981. 264 p.

19. Karpachevskiy L. O. Rol biotsenozov v formirovaniy pochv [The role of biogeocenosis in soil formation]. *Rol pochvy v lesnykh biogeotsenozakh: Chteniya pamyati akademika V.N. Sukacheva* [The role of soils in forest biogeocenoses: readings devoted to Academician V.N. Sukharev]. Iss. 12. Moscow: Science, 1995. Pp. 38–52.

20. Shugaley L.S., Semechkina M.G., Yashikhin G.I., Dmitrienko V.K. *Modelirovaniye razvitiya iskusstvennykh lesnykh biogeotsenozov* [Modeling of artificial forest biogeocenosis development]. Novosibirsk: Nauka, 1984. 152 p.

21. Vysotskiy, G. N. *O gidrologicheskoy i meteorologicheskoy vliyaniy lesov* [On hydrological and meteorological impact of forests]. Moscow: Gosudarstvennoye lesotekhnicheskoye izd-vo, 1938. 67 p.

22. Pozdnyakov L. K. O roli osadkov, pronikayushchikh pod polog lesa, v protsesse obmena veshchestv mezhdu lesom i pochvoy [On the role of precipitations, penetrating under the forest canopy in the process of substance exchange between the soil and

forest]. *Reports of AN SSSR.* 1956. Vol. 107, No 5. Pp. 753–756.

23. Mina V. N. Vyshchelachivaniye nekotorykh veshchestv atmosferynymi osadkami iz drevnykh rasteniy i ego znachenie v biologicheskoy krugovorote [Leaching of certain substances from the woody plants by rainwater and its meaning in the biological cycle]. *Pochvovedenie* [Soil science]. 1965. No 6. Pp. 7–17.

24. Sokolov A. A. Khimicheskoye sostav atmosferynykh osadkov, proshedsikh skvoz polog elovogo i berezovogo drevostoya [Chemical analysis of atmospheric precipitations penetrating through spruce and birch canopy]. *Lesovedeniye* [Forest science]. 1972. No 3. Pp. 103–106.

25. Medvedev L. V., Shitikova T.E., Alekseenko V.A. Transformatsiya zhidkikh atmosferynykh osadkov drevostoyami yuzhnoy taygi (na primere Valdaya) [Transformation of liquid atmospheric precipitations by the forest stands of the south taiga (Valday case study)]. *Struktura i funktsionirovaniye ekosistem yuzhnoy taygi* [Structure and operation of south taiga ecosystems]. Moscow: Nauka, 1986. Pp. 26–55.

26. Sharafutdinova O. D., Sharafutdinov R.N. Sezonnaya dinamika biologicheskoy aktivnosti pochv v osinovykh, berezovykh i elovykh fitotsenozakh [Seasonal dynamics of biological activity of soils in aspen, birch and spruce biogeocenoses]. *Ekologicheskoye osnovy ratsionalnogo lesopolzovaniya v Srednem Povolzhe* [Environmental bases of rational forest management in the Middle Volga Region]. Yoshkar-Ola: Mari State Technical University, 2002. Pp. 245–247.

27. Pristova T. A. Vliyaniye drevnogo pologa listvenno-khvoynogo nasazhdeniya na khimicheskoye sostav osadkov [The impact of wooden canopy of the mixed plantation on the chemical contents of soils]. *Lesovedeniye* [Forest science]. 2005. No 5. Pp. 49–55.

28. Marunich S. V., Burov A.S., Kuznetsova Yu.N., Nedogarko I.V. Transformatsiya khimicheskogo sostava atmosferynykh osadkov pologom drevostoya yuzhnotaevnykh lesov [Transformation of the chemical composition of atmospheric precipitations caused by wood stand canopy in south taiga forests]. *Izvestiya of the Russian Academy of Sciences. Geography series.* 2006. No 4. Pp. 52–57.

29. Arhegova I. B., Kuznetsova E.G. Vliyaniye drevnykh rasteniy na khimicheskoye sostav atmosferynykh osadkov v protsesse vosstanovleniya srednetaevnykh lesov [The impact of woody plants on the chemical composition of atmospheric precipitations in the process of middle taiga forest regeneration]. *Lesovedeniye* [Forest science]. 2011. No 3. Pp. 34–43.

30. Demakov Yu. P., Isaev A.V. Vliyaniye aeralnogo postupleniya veshchestv na ikh krugovorot v lesnykh ekosistemakh [The impact of aerial substances input on their circulation in forest ecosystems]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovaniye* [Vestnik of Volga State University of

Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management]. 2015. No 1 (25). Pp. 66–86.

31. Demakov Yu. P., Isaev A.V., Talantsev V.I., Maljuta O.V. Khimicheskaya i biologicheskaya aktivnost vodnykh ekstraktov lesnykh rasteniy [Chemical and biological activity of water extracts]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management]. 2015. No 2 (26). Pp. 57–76.

32. Razumovskiy S. M. Zakonomernosti dinamiki biotsenozov [Regularities of biogeocenoses dynamics]. Moscow: Nauka, 1982. 232 p.

33. Ekologicheskies sistemy. Adaptivnaya otsenka i upravlenie [Environmental systems. Adaptive estimate and management]/ Edited by K.S. Kholinga. Moscow: Mir, 1981. 398 p.

34. Dobrovolskiy G. V. *Pochvy rechnykh poym tsentra Russkoy ravniny* [Soils of river flood plains in the center of Russian plain]. Moscow: Moscow State University, 1968. 268 p.

35. Isaev A. V. *Formirovanie pochvennogo i rastitel'nogo pokrova v poymakh rechnykh dolin Mariyskogo Polesya (na primere territorii zapovednika «Bolshaya Kokshaga»)* [Formation of the soil cover and vegetation in the river floodplain of Mari woodland (the territory of the Bolshaya Kokshaga Nature Reserve case study)]. Yoshkar-Ola: Mari State Technical University, 2008. 240 p.

36. Arinushkina E. V. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv* [Guidance on the chemical analysis of soils]. Moscow: Moscow State University, 1970. 487 p.

37. *Metodika vypolneniya izmereniy valovogo soderzhaniya medi, kadmiya, tsinka, svintsa, nikelya, margantsa, kobalta, khroma metodom atomno-*

*absorbtsionnoy spektroskopii* [The measurement procedure used to estimate the total amount of copper, cadmium, zinc, lead, nickel, manganese, cobalt, chromium by means of atomic absorption spectroscopy]. Moscow: FGU FTSAO, 2007. 20 p.

38. *Metody biogeokhimicheskogo issledovaniya rasteniy* [Methods of biological research of plants]. Edited by A.I. Ermakova. Leningrad: Agropromizdat, 1987. 450 p.

39. Dmitriev E.A. *Matematicheskaya statistika v pochvovedenii* [Mathematical statistics in soil science]. Moscow: Moscow State University, 1972. 292 p.

40. Demakov Yu. P. *Diagnostika ustoychivosti lesnykh ekosistem (metodicheskie i metodologicheskie aspekty)* [Diagnostics of forest ecosystem sustainability (methodical and methodological aspects)]. Yoshkar-Ola: Mari El Periodicals, 2000. 416 p.

41. Kalinichenko N. P. *Dubravyy Rossii* [Oak stands in Russia]. Moscow: VNIITSlesresurs, 2000. 536 p.

42. Demakov YU. P., Isaev A. V. Zakonomernosti dinamiki radialnogo prirosta derev duba v poymennykh lesakh zapovednika [Regularities in radial increment of oak in flood plain forest of the nature reserve]. *Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Bolshaya Kokshaga»* [Research works of the state nature reserve “Bolshaya Kokshaga”]. Yoshkar-Ola: Volga State University of Technology, 2015. Iss. 7. Pp. 139–156.

43. Demakov YU. P., Krasnov V.G., Isaev A.V. *Struktura i zakonomernosti razvitiya drevostoev s uchastiem duba v lesakh Mariyskogo Predvolzhya* [Structure and regularities in the development of forest stands containing oak in the Mari Volga Region]. *Vestnik Udmurtskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Biologiya. Nauki o Zemle* [Vestnik of Udmurt State University. Series: Biology, Soil Science]. 2015. Vol. 25, Iss. 4. Pp. 53–62.

The article was received 27.06.16.

**Citation for an article:** Demakov Yu. P., Isaev A. V., Mityakova I. I., Talantsev V. I. Alterations in the Parameters of Meadow Alluvial Soil Influenced by Forest Vegetation // *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2016. No 3(31). Pp. 59-76. DOI: 10.15350/2306-2827.2016.3.59

#### Information about the authors

*DEMAKOV Yuri Petrovich* – Doctor of Biological Sciences, Professor-Consultant of the Department of Forest Species and Forest Works Mechanization, Volga State University of Technology, Senior Researcher of the nature reserve «Bolshaya Kokshaga». Research interests – forest science, forestry, biogeocenology. Author of 300 publications including 11 monographs and students' manuals.

*ISAEV Aleksandr Viktorovich* – Candidate of Agricultural Sciences, Vice Head for Research at the State Nature Reserve «Bolshaya Kokshaga». Research interests- biogeocenology, forest soil science, nature preservation. Author of 50 publications including 1 monograph.

*MITYAKOVA Irina Ivanovna* – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology, Soil Science and Nature Management, Volga State University of Technology. Research interests – ecology, soil science. Author of 50 publications.

*TALANTSEV Vladimir Ivanovich* – Engineer of the Chemistry Department, Volga State University of Technology. Research interests – chemistry of organic compounds, physical chemistry, ecology. Author of 19 publications.