

УДК 630*232

DOI: 10.25686/2306-2827.2019.1.41

ПРИМЕНЕНИЕ ЛЮПИНА МНОГОЛЕТНЕГО ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ПРИ ДОБЫЧЕ ПЕСКА ЗЕМЕЛЬ

Т. В. Нуреева, Н. А. Куклина, М. А. Карасева, К. Т. Лежнин, А. В. Ушнурцев

Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: NureevaTV@volgatech.net

*Изучены особенности формирования растений люпина многолетнего (*Lupinus perennis*) и его воздействие на агрохимические показатели песчаных грунтов и влияние на рост культур сосны обыкновенной, созданных при рекультивации песчаных карьеров. Определено и проанализировано содержание основных макроэлементов в вегетативных органах люпина многолетнего и в песчаных почвах после его выращивания. Влияние фитомелиоранта обусловлено накоплением его фитомассы, изменением микроклиматических и почвенно-экологических условий на поверхности выработанного пространства карьера, в том числе на участках с внесением нетрадиционных органических удобрений, что способствует повышению устойчивости и интенсивности роста сосны обыкновенной в культурах на рекультивируемых землях. Люпин многолетний следует в обязательном порядке использовать при биологической рекультивации песчаных карьеров и выращивании культур сосны обыкновенной.*

Ключевые слова: рекультивация; сосна обыкновенная; фитомелиорация; люпин многолетний, лесные культуры.

Введение. Земли, нарушенные открытой добычей строительных материалов, не содержащие токсичных веществ в отработанных грунтах, вполне могут стать участками для выращивания насаждений целевого назначения, выполнять не только эколого-почвоулучшающие функции, но обеспечивать получение древесины высокого качества. Основные риски при выращивании древостоев на карьерных выемках, расположенных в зоне хвойно-широколиственных лесов, связаны с чрезвычайно низким плодородием грунтов, практически полным отсутствием органики и низким содержанием элементов питания [1–4]. Между тем, опыт рекультивации свидетельствует о возможности выращивания на данных категориях земель сосновых древостоев достаточно высокой производительности при условии проведения мероприятий по повышению плодородия почвы [2–9]. Песчаные грунты отличаются высоким промыв-

ным режимом, поэтому внесение органических и минеральных удобрений будет малоэффективным кратковременного действия. Усилить и пролонгировать действие удобрений возможно с одновременным применением почвоулучшающих растений азотфиксаторов, в частности, люпина многолетнего, ракитника русского, дрока красильного. Целесообразность их введения для улучшения почвенного плодородия бедных песчаных почв, повышения биологической устойчивости и биоразнообразия искусственных насаждений отмечена в работах многих исследователей [10–15]. Первые упоминания об использовании люпина в качестве зелёного удобрения относятся к временам Древнего Рима и Древней Греции. В Европе сидеральные культуры стали распространяться в 16–18 веках [11]. Опытные работы по применению люпина многолетнего, ракитника русского при выращивании насаждений сосны обыкновенной

© Нуреева Т. В., Куклина Н. А., Карасева М. А., Лежнин К. Т., Ушнурцев А. В., 2019.

Для цитирования: Нуреева Т. В., Куклина Н. А., Карасева М. А., Лежнин К. Т., Ушнурцев А. В. Применение люпина многолетнего при биологической рекультивации нарушенных при добыче песка земель // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2019. № 1 (41). С. 41–53. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.1.41

в условиях нарушенных земель проводились Г.К. Незабудкиным, Л.Л. Застенской, М.А. Карасевой, К.Т. Лежниным [7, 16–18].

Цель исследований – оценить влияние люпина многолетнего на агрохимические показатели песчаных грунтов и рост сосны обыкновенной в культурах на выработанных пространствах карьеров по добыче песка для разработки мероприятий по повышению эффективности их рекультивации.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований послужили культуры сосны обыкновенной, созданные в Куйбиском лесничестве Республики Марий Эл и на территории филиала Поволжского государственного технологического университета (ПГТУ) «Учебно-опытный лесхоз». Критериями оценки влияния фитомелиорантов на качество и рост сосны в лесных культурах послужили приживаемость и сохранность созданных насаждений, ход их роста. Учёт посадочных мест и растений проводился на пробных площадях, с определением состояния, высоты, приростов в высоту, диаметров ствола сосны обыкновенной на высоте 1,3 м, диаметра проекций крон и других необходимых сведений в соответствии с методикой Г.К. Незабудкина [19]. На пробных площадях измерялось не менее 200 растений. Живой напочвенный покров описывался по шкале Друде с указанием степени задернения почвы. Оценка влияния агротехнических мероприятий на рост сосны и азотфиксирующих растений проводилась по линейным показателям, массе, соотношению надземной части и корней сеянцев¹. Были изучены показатели фитомассы отдельных частей растений люпина многолетнего.

Интенсивность транспирации определялась методом быстрого взвешивания [20]. Интенсивность фотосинтеза определяли кондуктометрическим способом [21]. Измерения проводили на пяти модельных

деревьях в трёхкратной повторности в средней части кроны южной экспозиции на неотделённых побегах в наиболее благоприятный для фотосинтеза период (9–10 часов утра). Определение содержания общего хлорофилла в хвое проводили фотоэлектроколориметрическим методом с применением прибора КФК-2 в красной области спектра. Расшифровка показателей осуществлялась по таблицам Т.Н. Годнева [22]. Относительное световое довольствие растений оценивали в процентах от освещённости открытого места, измеряли биометрические показатели деревьев и параметры внешней среды, температуру и влажность воздуха и почвы, скорость ветра. Исследования выполнены на уровне доверительной вероятности $p = 0,95$.

Замеры температуры почвы выполняли на глубине 5, 10, 20, 40, 60 и 80 см электронным термометром «Мини-щуп» с погрешностью $\pm 0,1$ °С, а оценку её влажности проводили термовесовым методом с отбором проб в различных слоях специальным буром [23, 24].

Опытные объекты характеризуются следующими показателями.

На пробной площадке № 1 в Учебно-опытном лесхозе-филиале Поволжского государственного технологического университета экспериментальные культуры сосны обыкновенной были созданы под руководством доцента кафедры лесных культур Г.К. Незабудкина в 1963 году по дну песчаного карьера. Посадка осуществлялась двухлетними сеянцами, заготовленными цилиндрической лопатой с глыбкой земли, т. е. с закрытой корневой системой, количество растений в посадочном месте варьировало от двух до пяти шт. Люпин многолетний вводился двумя методами: посевом семян и посадкой двухлетних растений с глыбкой земли между биогруппами сосны. За ростом и развитием растений периодически проводились наблюдения. Возраст культур сосны к моменту исследований составил 44 года.

¹ ГОСТ 13056.6-97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести.

Пробная площадь № 2. Интенсивность основных физиологических процессов сосны обыкновенной и люпина многолетнего изучали в десятилетних культурах, созданных в кв. 68 Нолькинского лесного участка филиала ПГТУ «Учебно-опытный лесхоз» на дерново-среднеподзолистых суглинистых почвах на маломощных покровных суглинках, подстилаемых древнеаллювиальными песками. После сплошной обработки почвы была осуществлена посадка двухлетними сеянцами с расстоянием между рядами 1,5 м, в ряду – 0,75 м. Люпин вводился посевом семян и посадкой растений одновременно с посадкой сеянцев сосны обыкновенной.

Культуры сосны на пробной площади № 3 в Куярском лесничестве Республики Марий Эл были созданы в карьерной выемке глубиной до 10 м в 2011 году. На данном объекте на техническом этапе рекультивации были внесены нетрадиционные органические удобрения (НОУ) на основе компостирования осадков сточных вод (ОСВ) и опила хвойных пород в дозах 60 и 120 т/га. В вариантах с внесением НОУ на второй год было отмечено появление люпина, семена которого заселились в органическое удобрение при его 3–5-летнем хранении в буртах. После внесения НОУ и его заделки в почву на дне карьерной выемки была произведена ручная посадка двухлетних сеянцев сосны обыкновенной с открытой корневой системой мечом Колесова с расстоянием между рядами 2 м и шагом посадки 0,5 м с первоначальной густотой 10 тыс.шт./га.

Результаты и их обсуждение. Карьеры по добыче песка, расположенные в эксплуатационных лесах, восстанавливают преимущественно созданием лесных насаждений, целевое назначение которых согласно Лесному кодексу (ст. 12) – «устойчивое, максимально эффективное получение высококачественной древесины и других лесных ресурсов, продуктов их переработки с обеспечением сохране-

ния полезных функций лесов»². Процесс роста культур в таких условиях замедляется, а период выращивания древесины на данных категориях лесокультурных площадей увеличивается вследствие их особых почвенно-экологических характеристик. Рекультивируемые земли выработанных песчаных карьеров отличаются низким содержанием органики, элементов питания, и, как следствие, полезной почвенной микрофлоры и микоризы, поэтому для начала процесса почвообразования требуется проведение коренной мелиорации с внесением удобрений. Внесение органических удобрений даст возможность не только запустить процесс образования органического вещества, но и поддерживать его в течение некоторого периода времени, насыщая грунты полезной микрофлорой. Учитывая высокую промывную способность песчаных грунтов, для стабилизации темпов почвообразовательного процесса необходимы дополнительные фитомелиоративные мероприятия с посевом почвоулучшающих растений, к которым относится люпин многолетний. Он способен произрастать на очень бедных с достаточным увлажнением почвах, продуцируя доступный растениям азот в почве.

Люпин, как и любое растение, способен накапливать элементы питания в своих вегетативных органах. Согласно проведенным исследованиям, отмечается особенно высокое содержание азота в молодых листьях люпина многолетнего, которое колеблется в пределах 2,5–3,0 % от сухой массы, что обусловлено ассимиляцией его клубеньковыми бактериями (табл. 1). В корнях и стеблях содержание общего азота несколько меньше и составляет 1,2–1,4 % от сухой массы.

² Лесной кодекс Российской Федерации: [Федер. закон: принят Гос. Думой 04.12.2006 N 200-ФЗ: по состоянию на 03.08.2018]. [Электронный ресурс]. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/

Таблица 1

**Содержание основных элементов питания в частях растений люпина многолетнего
(% к сухой массе) (ПП 2)**

| Фракции растений | Азот общий | Фосфор | Калий |
|------------------|------------|------------|-------------|
| Стебли | 1,23±0,05 | 0,165±0,01 | 0,130±0,002 |
| Листья | 3,10±0,06 | 0,155±0,01 | 0,160±0,008 |
| Корни | 1,44±0,07 | 1,120±0,05 | 0,135±0,002 |

Культура люпина многолетнего способствует улучшению лесорастительных свойств почвы за счёт накопления азота в частях растения и разложения его надземной части (табл. 2).

Наиболее значительные изменения показателей плодородия наблюдаются в верхнем почвенном горизонте глубиной до 10 см, что связано, вероятнее всего, с ежегодным поступлением на поверхность и дальнейшим разложением надземной биомассы люпина. Содержание органического вещества возросло на 1 %, и из очень низко обеспеченной гумусом почва перешла на один разряд выше. На 5 % увеличилось содержание общего азота. Почва под люпином характеризуется более высоким содержанием суммы обменных оснований, особенно катионов кальция, и степенью насыщенности основаниями, а также увеличением содержания макроэлементов. Выполняя функции удобрений, люпин обладает пролонгиру-

ванностью действия за счёт его быстрого распространения по территории и увеличения площади проективного покрытия. В культурах люпин активно завоёвывает площадь между рядами культур до периода смыкания древесных растений и снижения уровня солнечной радиации, необходимого для его развития и размножения.

Установлено положительное влияние азотофиксирующих растений на интенсивность фотосинтеза и транспирацию сосны обыкновенной (табл. 3). Измерения интенсивности основных физиологических процессов проводились в июне. Основные параметры окружающей среды характеризовались следующими показателями: температура воздуха 30,2 °С; относительная влажность воздуха – 41 %; освещённость – 35 тыс. люкс; температура почвы на глубине 0,3 м – 11,3 °С, влажность – 12 % к абсолютно сухой массе почвы.

Таблица 2

**Содержание основных элементов питания в почве с люпином многолетним (под чертой)
и без него (над чертой) (ПП 2)**

| Глубина отбора образца почвы, см | Гумус, % | Ca | Mg | Степень насыщенности основаниями | K ₂ O | P ₂ O ₅ | pH солевая | N ₂ (по методу Нестлера), % |
|----------------------------------|-------------|---------------------|------------|----------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------|--|
| | | мг-экв./100 г почвы | | | мг/100 г почвы | | | |
| 5 | <u>1,75</u> | <u>3,2</u> | <u>3,4</u> | <u>34,30</u> | <u>9,18</u> | <u>3,38</u> | <u>5,63</u> | |
| | 2,72 | 7,2 | 3,0 | 53,33 | 17,4 | 4,16 | 6,36 | |
| 10 | <u>1,74</u> | <u>3,6</u> | <u>1,4</u> | <u>37,80</u> | <u>3,80</u> | <u>3,38</u> | <u>4,93</u> | <u>12</u> |
| | 1,82 | 2,8 | 3,0 | 39,03 | 9,80 | 3,13 | 5,43 | |
| 20 | <u>1,59</u> | <u>3,2</u> | <u>4,0</u> | <u>41,50</u> | <u>3,61</u> | <u>4,68</u> | <u>5,32</u> | 17 |
| | 1,61 | 2,2 | 3,0 | 28,92 | 4,60 | 3,65 | 5,49 | |
| 30 | <u>0,43</u> | <u>3,0</u> | <u>3,6</u> | <u>54,10</u> | <u>2,28</u> | <u>3,65</u> | <u>5,74</u> | |
| | 0,89 | 2,6 | 0,4 | 35,70 | 3,80 | 4,16 | 5,26 | |

Таблица 3

**Интенсивность основных физиологических процессов сосны обыкновенной
и люпина многолетнего (ПП 2)**

| Физиологические показатели растений | Сосна обыкновенная | | Люпин многолетний | |
|---|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| | на участке с люпином многолетним | на участке без люпина | в междурядьях культур | на открытом месте |
| Интенсивность фотосинтеза, мг CO ₂ /г. ч | 4,25 | 3,84 | 10,1 | 20,9 |
| Общий хлорофилл, мг/г массы | 2,34 | 2,03 | 13,0 | 13,1 |
| Интенсивность транспирации, г H ₂ O/г. ч | 3,42 | 3,20 | 8,80 | 14,2 |
| Влажность листьев, % к абс. сух. массе | 106,1 | 103,0 | 395,0 | 538,0 |

В культурах сосны с люпином отмечено более высокое содержание общего хлорофилла в хвое.

Сравнивая развитие растений люпина многолетнего, введённого в культуры посевам или посадкой, по данным наблюдений на суглинистых почвах в кв. 68 Нолькинского лесного участка (ПП 2), необходимо отметить, что в трёхлетнем возрасте высота посаженных кустов люпина варьировала в пределах 60–70 см, надземная фитомасса составляла 1,2 кг/м², в посевах высота была 40–50 см, количество

надземной фитомассы 0,6 кг/м², т. е почти в два раза меньше. Лучшее развитие у высаженных растений можно объяснить наличием на корнях большого количества клубеньков, содержащих азотфиксирующие бактерии, способствующие лучшему азотному питанию люпина.

Способность люпина накапливать биомассу на удобренных НОУ участках выработанного пространства карьера по добыче песка (табл. 4) была исследована в экспериментальных культурах Куярского лесничества.

Таблица 4

**Биометрические показатели люпина многолетнего на песчаных грунтах,
обогащённых нетрадиционными удобрениями (ПП 3)**

| Показатели растений | $\bar{X} \pm m_x$ | $min - max$ | σ | $V, \%$ | |
|--|---------------------|-------------------------------|-------------|---------|------|
| Высота, см | 72,9±5,2 | 30,0–124,0 | 24,3 | 33,7 | |
| Масса надземной части, г: | в сыром состоянии | 189,6±12,6 | 114,2–232,9 | 58,9 | 31,1 |
| | в сухом состоянии | 47,35±3,1 | 28,9–103,6 | 14,3 | 30,3 |
| Масса корневой системы, г: | в сыром состоянии | 419,6±28,8 | 328,5–720,4 | 135,0 | 32,2 |
| | в сухом состоянии | 207,9±14,3 | 83,2–357,4 | 67,3 | 32,3 |
| Соотношение массы надземной и подземной частей в сырорастающем (над чертой) и сухом состоянии (под чертой) | <u>0,45</u> 0,23 | <u>0,35–0,32</u> 0,35–0,29 | | | |

По биометрическим показателям растений люпина можно судить о высокой интенсивности роста растений люпина многолетнего на удобренных НОУ песчаных грунтах карьера. Средняя высота люпина на грунтах, обогащённых нетрадиционными удобрениями, составила 72,9 см, её изменение от 30 см до 1,24 м с высоким коэффициентом изменчивости (33,7 %) объясняется нестабильными почвенно-экологическими условиями на дне карьера. Мощная корневая система люпина, сформировавшаяся в течение шести лет, обогащает песчаные грунты азотом, а отмирающие корни, постепенно разлагаясь, накапливаются в виде органического вещества. Средняя высота люпина на песчаных почвах без внесения удобрений составляет $53,6 \pm 4,8$ см, масса надземной части одного растения составляла $125,0 \pm 8,8$ г [7,19]. На удобренных НОУ участках люпин формирует фитомассу надземной части в среднем на 34,1 % выше по сравнению с неудобренными участками, и, как следствие, увеличивается количество генеративных органов растения. Согласно исследованиям Е.М. Романова с соавторами [25], Т.В. Нуреевой и др. [2], нетрадиционные удобрения на основе осадков сточных вод отличаются высоким содержанием фосфора: от 31,1 до 70 мг/100 г. По мнению М.А. Карасевой, К.Т. Лежнина, доступный фосфор необходим бобовым растениям в первый период их вегетации для образования клубеньков и повышения азотофиксирующей способности клубеньковых бактерий [7].

На нарушенных землях положительное влияние фитомелиорации не ограничивается улучшением агрохимических показателей грунтов. Как показали исследования, травянистый покров с преобладанием люпина многолетнего снижает амплитуду температур почв до глубины 80 см (рис. 1). Нагреваемость поверхностного слоя в жаркие дни под живым напочвенным покровом с участием

люпина существенно уменьшается, что создаёт благоприятные условия для микробиологических процессов и развития корневой системы сосны обыкновенной. При температуре почвы участка без растительности на дне карьерной выемки в июле $+28$ °С, на экспериментальном участке с лесными культурами и люпином нагревание поверхности почвы не превышало $+20$ °С. Различия температуры между участками в поверхностном слое в июле составляло $10,1$ °С, а в нижних горизонтах песчаного грунта варьировало от $4,6$ до 8 °С. В октябре отмечено прямо противоположное действие влияния люпина многолетнего – температура почвы до глубины 20 см была ниже на не покрытом растительностью участке, выше – на экспериментальном участке лесных культур с люпином. Разница температур почвы в экотопах в осенний период была менее значительной и составляла в самом верхнем слое почвы $0,9$ °С, а в более глубоких горизонтах изменялась от $0,5$ до $2,1$ °С.

На объектах рекультивации влажность почвы изменялась в очень больших пределах в зависимости от места расположения участка и степени покрытия травянистой растительностью (рис. 2). Её величина была наибольшей в течение всего вегетационного периода на участке лесных культур сосны с люпином.

Как известно, песчаные почвы обладают очень малой влагоёмкостью и способны удержать лишь небольшую часть влаги, достигшей почвы. Основная же масса почвенной влаги используется древостоем и живым напочвенным покровом на транспирацию, о чём свидетельствует снижение влажности почвы с увеличением её глубины. Культура люпина многолетнего способствует улучшению лесорастительных свойств почвы (табл. 2), при этом повышается интенсивность физиологических процессов и улучшается рост сосны обыкновенной (табл. 5).

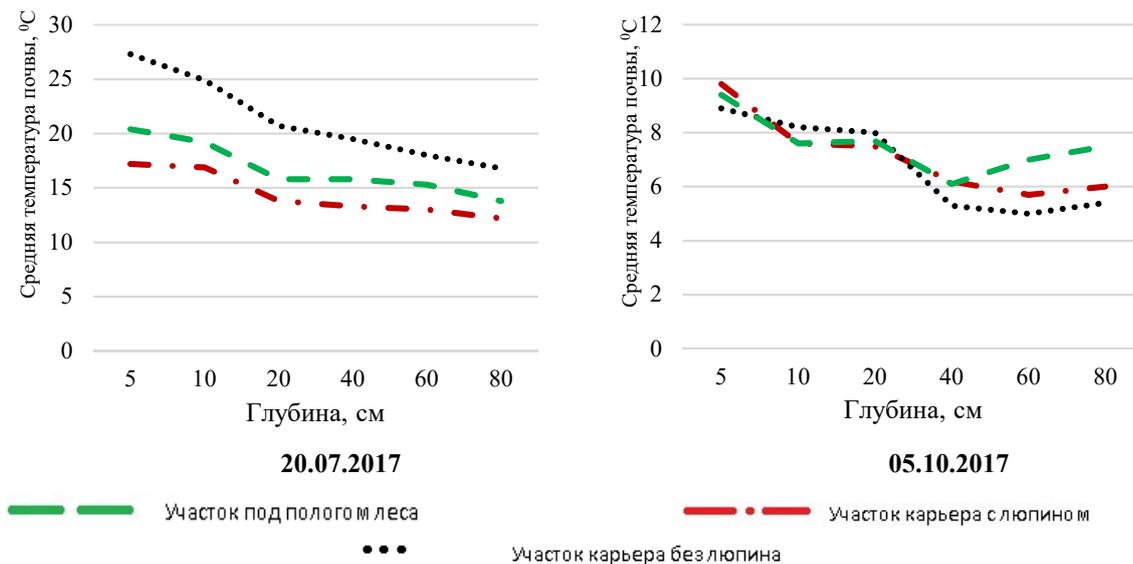


Рис. 1. Температурный режим почв в 2017 году на экотопах рекультивированного карьера в Куярском лесничестве (ППЗ)

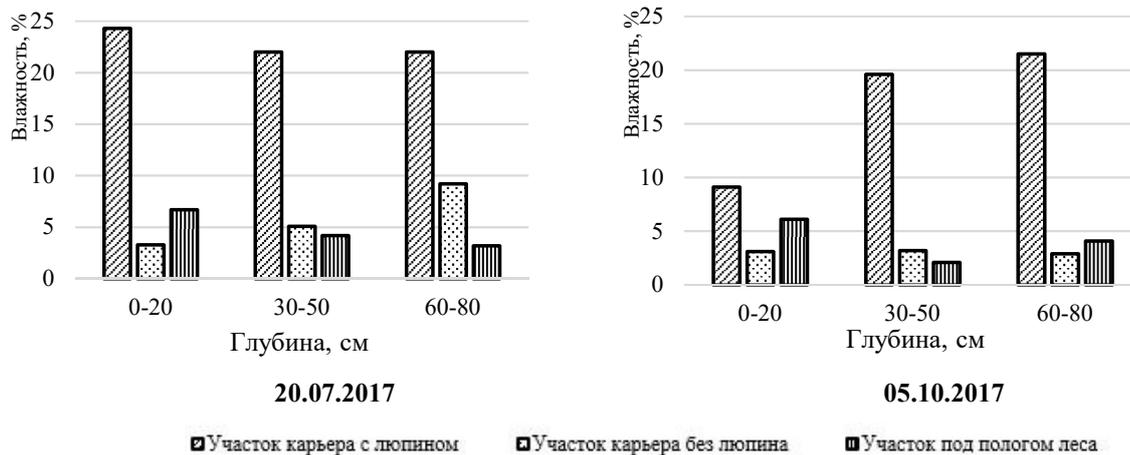


Рис. 2. Влажность почв в 2017 году на экотопах рекультивированного карьера в Куярском лесничестве (ППЗ)

Таблица 5

Статистические показатели высоты и диаметра сосны обыкновенной в культурах

| Местонахождение объекта | Способ введения люпина в культуры | Возраст, лет | H, м | | D, см | | Ср. общий прирост | |
|------------------------------|-----------------------------------|--------------|----------------------|------|-----------------------|------|-------------------|-------|
| | | | X±m _x , м | V, % | X±m _x , см | V, % | H, м | D, см |
| Учебно-опытный лесхоз (ПП 1) | посадка люпина с ЗКС | 44 | 15,0±0,3 | 18,0 | 18,6±0,5 | 34,4 | 0,34 | 0,42 |
| Куярское лесничество (ППЗ) | без введения люпина | 6 | 1,1±0,03 | 52,2 | 2,7±0,15 | 50,3 | 0,17 | 0,45 |
| Куярское лесничество (ППЗ) | внесение НОУ с семенами люпина | 6 | 1,7±0,03 | 19,6 | 2,8±0,06 | 22,5 | 0,28 | 0,47 |
| Куярское лесничество (ППЗ) | внесение НОУ без введения люпина | 6 | 1,6±0,40 | 22,1 | 2,3±0,31 | 49,0 | 0,27 | 0,38 |

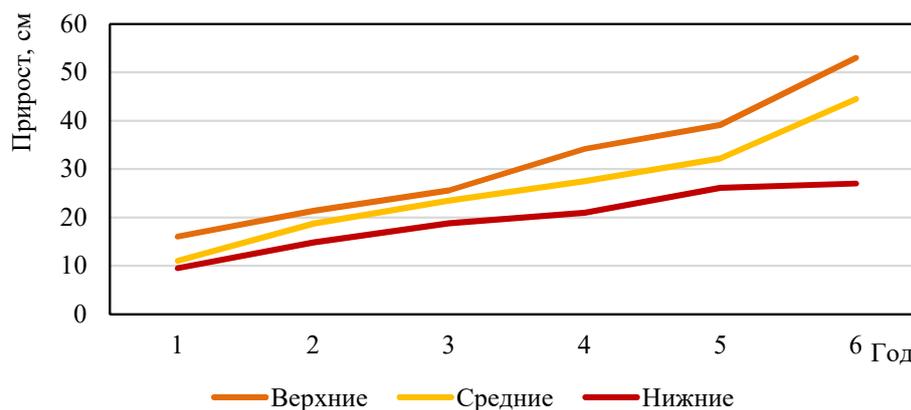


Рис. 3. Динамика текущего прироста по высоте в первые шесть лет жизни культур сосны обыкновенной, созданных гнездовой посадкой, в Учебно-опытном лесхозе ПГТУ (ПП 1)

Культуры сосны, созданные гнездовой посадкой сеянцами с закрытой корневой системой (ЗКС) по дну песчаного карьера и подсадкой к ним саженцев люпина многолетнего, в 44-летнем возрасте отличаются высокой сохранностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам среды. Анализируя их развитие в первые шесть лет после посадки, необходимо отметить существенное увеличение темпов прироста до 40–50 см деревьев, сформировавшихся в старшем возрасте верхний полог насаждения (рис. 3).

Это объясняется комплексом факторов: гнездовой вид посадки, при котором смыкание крон растений в биогруппах происходит в первые годы после посадки и отмечается более быстрая дифференциация растений с отбором быстрорастущих биотипов [10]. Также оказало положительное влияние улучшение агрофона и характеристик экотопа за счёт подсадки люпина. На данном объекте люпин многолетний, введённый посадкой сеянцев с закрытыми корнями, имел средний запас сырой фитомассы 1,2 кг/м². Раскопки его корневых систем показали, что корни растения, находясь в бедном питательными элементами грунте, снова возвращаются в глыбку, т. е. на первых этапах роста наблюдается явление хемотропизма, которое впоследствии исчезает.

Внесение НОУ вместе с семенами люпина в песчаный грунт карьера Куярского

лесничества РМЭ оказало влияние на интенсивность роста в высоту культур, и в шестилетнем возрасте средняя высота сосны на удобренных участках составила 0,6 м.

Выводы. Посев или посадка люпина многолетнего на песчаных почвах содействует улучшению водно-физических и агрохимических параметров песчаных почв, смягчению микроклиматических параметров экотопов карьеров по добыче песка, оказывает многостороннее и многокомпонентное, прямое и опосредованное влияние на рост сосны обыкновенной в культурах. Предварительное внесение нетрадиционных удобрений способствует лучшему развитию надземной и подземной фитомассы люпина, и, как следствие, генеративных органов растения, которое интенсивно заселяет пространство между рядами культур. Создаются более благоприятные условия для сосны за счёт корневого питания, что способствует более интенсивному росту культур на начальных этапах и повышению их устойчивости к неблагоприятным факторам. В связи с этим рекомендации по созданию лесных культур на рекультивируемых землях, нарушенных в результате добычи нетоксичных полезных ископаемых, в обязательном порядке должны включать фитомелиоративные мероприятия с посевом люпина многолетнего. Эффективность действия фитомелиоранта увеличивается в случае дополнительного внесения органики в песчаный грунт.

Статья подготовлена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках выполнения базовой части государственного задания высшим учебным заведениям и научным организациям в сфере научной деятельности (г/б НИР 37.8531.2017)

Список литературы

1. Исследование степени антропогенной нарушенности природной среды в условиях песчаного карьера / О.В. Малюта, Т.Х. Гордеева, А.С. Туев и др. // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. 2015. № 111. С. 886-896.
2. Применение нетрадиционных удобрений при выращивании плантационных культур сосны обыкновенной на рекультивируемых землях / Т.В. Нуреева, Д.И. Мухортов, Н.А. Куклина и др. // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. 2013. № 92. С. 799-828.
3. Особенности роста и формирования культур сосны обыкновенной при рекультивации карьеров / Т.В.Нуреева, Н.А. Куклина, М.Н. Чефранова и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 1 (29). С. 57-68.
4. Влияние фитомелиорантов на лесорастительные свойства почв и рост культур сосны обыкновенной в боровых условиях / М.А. Карасева, В.Н. Карасев, К.Т. Лежнин и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2014. Т. 9. № 1 (31). С. 122-125.
5. *Moffat A., McNeill J.* Reclaiming disturbed land for forestry: Bulletin 110. London: HM Stationery Office, 1994. 128 с.
6. *Лиханова И. А., Железнова Г. В.* Восстановление растительности на карьерах строительных материалов окрестностей г. Сыктывкар при проведении лесной рекультивации // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. № 1-6. С. 1485-1488.
7. *Карасева М.А., Лежнин К.Т.* Применение фитомелиорантов при выращивании искусственных насаждений хвойных пород: монография. Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2012. 160 с.
8. *Nureeva T.V., Kuklina N.A.* Biological recultivation of sand pits using containerized seedlings in the republic of Mari El // International Conference on the Occasion of 25 Years Faculty of Forestry in Banja Luka, 07-09 december. (2017). Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina. URL: <http://forsd.conforganiser.com/presentation/paperpresentation/592/5547>.
9. Пат. 2044434 Российская Федерация, МПК⁶ А 01 В 79/02, С 05 F 11/00. Способ рекультивации нарушенных почв / Коровкин А.С., Врублевский В.С., Коровкин В.А., Шуверов В.М., Щеколдин Н.А., Калинин Н.Ф.; заявитель и патентообладатель АОО "ЛУКойл-Пермнефтеоргсинтез". № 94004234/15; заявл. 16.02.1994; опубл. 27.09.1995, Бюл. № 27. С. 6.
10. *Незабудкин Г.К.* Типы лесных культур сосны на вырубках и гарях в сосняках Марийской АССР. Йошкар-Ола: Поволжский лесотехнический институт, 1961. 47 с.
11. *Борисова Е.Е.* Применение сидератов в мире // Вестник НГИЭИ. 2015. № 6 (49). С. 24-33.
12. *Довбан К.И.* Зеленое удобрение в современном земледелии: вопросы теории и практики. Минск: Белорусская наука, 2009. 404 с.
13. Влияние фитомелиорантов на физиологическое состояние культур сосны обыкновенной / К.Т. Лежнин, А.А. Маторкин, В.Н. Карасев и др. // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2005. № 10. С. 110-113.
14. *Cohen-Fernandez A. C., Naeth M. A.* Increasing woody species diversity for sustainable limestone quarry reclamation in Canada // Sustainability. 2013. Vol. 5. No. 3. Pp. 1340-1355.
15. Forest restoration following surface mining disturbance: challenges and solutions / S. E. Macdonald et al. // New Forests. 2015. Vol. 46. №. 5-6. Pp. 703-732.
16. *Незабудкин Г.К., Карасева, М.А., Меледина Л.А.* Некоторые вопросы биологии ракитника русского // Лесная геоботаника и биология древесных растений. Тула: Тульский политехн. ин т., 1980. С. 65-67.
17. *Застенская Л. Л.* Влияние биологической мелиорации на рост и продуктивность лесных культур в условиях нарушенных земель // Лесоведение и лесное хозяйство. 1992. № 26. С.59-64.
18. *Карасева М. А., Лежнин К. Т., Маторкин А. А.* Влияние фитомелиорантов на рост и устойчивость культур сосны обыкновенной и лиственницы сибирской в Среднем Поволжье // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2007. № 4. С. 38-41.
19. *Незабудкин Г. К.* О культуре люпина многолетнего в Марийской АССР. Йошкар-Ола: ПЛТИ им. М.Горького, 1958. 36 с.
20. *Иванов Л.А., Силина А.А., Цельникер Ю.Л.* О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях // Ботанический журнал. 1950. Т. 35. № 2. С. 171.
21. *Карасев В.Н., Карасева М.А.* Эколого-физиологическая диагностика жизнеспособности хвойных пород: монография. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2013. 216 с.
22. *Годнев Т.Н.* Строение хлорофилла и методы его количественного определения. Минск: Изд-во АН БССР, 1952. 327 с.
23. Характер изменения параметров микроклимата почв в лесных биогеоценозах Республики

Марий Эл / Ю. П. Демаков, А.В. Исаев, С.Н. Бродников и др. // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг: материалы международ. конф. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. С. 34-43.

24. Демаков Ю. П., Исаев А.В., Шарифутдинов Р.Н. Роль лесной подстилки в борах Марийского Заволжья и вариабельность ее параметров // Научные труды государственного природного за-

поведника «Большая Кокшага». Йошкар-Ола, 2017. Вып. 8. С. 15-43.

25. Романов Е. М., Мухортов Д. И., Нурева Т. В. Мелиорация почв лесных питомников с применением нетрадиционных органических удобрений // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2013. № 2 (18). С. 59-73.

Статья поступила в редакцию 26.11.18.

Принята к публикации 25.02.19.

Информация об авторах

НУРЕЕВА Татьяна Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур, селекции и биотехнологий, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – искусственное лесовосстановление и лесоразведение, рекультивация нарушенных земель. Автор 150 публикаций.

КУКЛИНА Надежда Александровна – аспирант кафедры лесных культур, селекции и биотехнологий, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – рекультивация нарушенных земель. Автор 25 публикаций.

КАРАСЕВА Маргарита Антиповна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур, селекции и биотехнологий, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – искусственное лесовосстановление и интродукция древесных растений. Автор 140 публикаций.

ЛЕЖНИН Константин Трифонович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур, селекции и биотехнологий, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – искусственное лесовосстановление и механизация лесохозяйственных работ. Автор 35 публикаций.

УШНУРЦЕВ Алексей Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур, селекции и биотехнологий, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – искусственное лесовосстановление и выращивание лесного посадочного материала. Автор 10 публикаций.

UDC 630*232

DOI: 10.25686/2306-2827.2019.1.41

WILD LUPINE FOR BIOLOGICAL RECLAMATION OF SAND PITS**T. V. Nureeva, N. A. Kuklina, M. A. Karaseva, K. T. Lezhnin, A. V. Ushnurtsev**Volga State University of Technology,
3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: NureevaTV@volgatech.net**Keywords:** reclamation; Scots pine (*Pinus sylvestris* L.); phytomelioration; wild lupine (*Lupinus perennis* L.), forest plantations.**ABSTRACT**

Introduction. The experience of reclamation shows the possibility for growing pine stands of high productivity in the abandoned pits. This is possible if the measures for soil enrichment are taken. To reclaim the disturb lands it is necessary to combine the experience of co-use of phytomeliorants and organic fertilizers. **The goal of the research** is to assess the influence of wild lupine (*Lupinus perennis* L.) on the nutritional characteristics of sandy soil and on the growth of planted Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the abandoned sand pits in order to elaborate the measures for improvement the efficiency of reclamation of the considered lands. **Objects and methods of research.** Scots pine plantations, established in the abandoned sand pits, were the object of the research. Establishment and viability of these plantations, their growth and physiological state of trees were the criteria of influence of phytomeliorants on the quality and growth of pine in plantations. To determine the photosynthetic rate, the methods of taxation and the conductometric method were used. The content of total chlorophyll in needles was defined with the photoelectrocolorimetric method. Transpiration was studied using the method of quick weighing. **Results.** The content of principle fertilizer elements in the vegetative organs of wild lupine was defined. The most positive effect of lupine on soil fertility is observed in the upper 10 cm soil horizon. This is determined with accumulation of phytomass influencing microclimatic and soil-ecological conditions on the surface of the abandoned pit. It particularly concerns the plots where nontraditional fertilizers were applied. The content of organic matter has boosted by 1 %. Thus, a poorly-humus soil has become one soil class better. The content of total nitrogen is up by 5 per cent. The soil with lupine is of higher content of total exchangeable bases (it particularly concerns the calcium cations) and degree of base saturation as well as it is defined by the increase in content macronutrients. As a fertilizer, lupine has a long-term effect due to its rapid propagation along the territory and increase of the area of plant cover. This contributes to enhancement of intensity of physiologic processes and improvement of Scots pine growth. **Conclusion.** Sowing and planting wild lupine in sandy soils contributes to improvement of hydrophysical and agrochemical characteristics of these soils, and mitigation of internal soil microclimate. Besides, it has a complex, and direct and indirect influence on the growth of Scots pine in plantations. As such, recommendations for forest plantations establishment on reclaim lands, disturbed as a result of extraction of nontoxic minerals, shall obligatory include phytomelioration measures such as sowing wild lupine. The efficiency of phytomeliorants will increase if organic fertilizers are applied in sandy soil.

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the accomplishment of a basic part of state task for higher institutions and scientific organizations in the field of research activity (R&D 37.8531.2017).

REFERENCES

1. Maluta O.V., Gordeeva T.Kh., Tudev A.S. et al. Issledovanie stepeni antropogennoy narushennosti prirodnoy sredy v usloviyakh peschanogo karera [Study of the Level of Man-Made Displacement of the Environment in the Context of Sand Pit]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubSAU]. 2015. No 1 11. Pp. 886-896. (In Russ.).
2. Nureeva T.V., Mukhortov D.I., Kulkina N.A. et al. Primenenie netraditsionnykh udobreniy pri vyrashchivanii plantatsionnykh kultur sosny obyknovennoy na rekultiviruemykh zemlyakh [Non-traditional Fertilizers Application When Growing Planted Scots Pine in the Reclaim Lands]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubSAU]. 2013. No 92. Pp. 799-828. (In Russ.).
3. Nureeva T.V., Kuklina N.A., Chefranova M.N. et al. Osobennosti rosta i formirovaniya kultur sosny obyknovennoy pri rekultivatsii karerov [The

Peculiarities of Growth and Formation of Scots Pine Plantations Under Recultivation of Pits]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ecologiya. Prirodopolzovanie*. [Herald of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2016. No 1 (29). Pp. 57-68. (In Russ.).

4. Karaseva M.A., Karasev V.N., Lezhnin K.T., Panushkina N.V. Vliyanie fitomeliorantov na lesoras-titelnye svoystva pochv i rost kultur sosny obyknovennoy v borovykh usloviyakh [The Influence of Phytomeliorants on the Soil Characteristics and on the Growth of Scots Pine Plantations in Pine Forests]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of the Kazan State Agrarian University]. 2014. Vol. 9. No 1 (31). Pp. 122-125. (In Russ.).

5. Moffat A., McNeill J. Reclaiming disturbed land for forestry: Bulletin 110. London: HM Stationery Office, 1994. 128 c.

6. Likhanova I. A., Zheleznova G. V. Vostanovlenie rastitelnosti na karerakh stroitelnykh materialov okrestnostey g. Syktyvkar pri provedenii lesnoy rekultivatsii [Vegetation Restoration in the Pits of Construction Materials in the Suburb of Syktyvkar When Conducting Forest Recultivation]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2012. No 1-6. Pp. 1485-1488. (In Russ.).

7. Karaseva M.A., Lezhnin K.T. *Primenenie fitomeliorantov pri vyrashchivanii iskusstvennykh nasazhdeniy khvoynykh porod: monografiya* [Use of Phytomeliorants for Growing Artificial Coniferous Plantations: monograph]. Yoshkar-Ola: Mariyskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet, 2012. 160 p. (In Russ.).

8. Nureeva T.V., Kuklina N.A. Biological recultivation of sand pits using containerized seedlings in the republic of Mari El. *International Conference on the Occasion of 25 Years Faculty of Forestry in Banja Luka*, 07-09 december. (2017). Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina. URL: <http://fords.conforganiser.com/presentation/paperpresentation/592/5547>.

9. Korovkin A.S., Vrublevskiy V.S., Korovkin V.A., Shuverov V.M., Shchekoldin N.A., Kalinin N.F. Sposob rekultivatsii narushennykh pochv [The Way of Recultivation of Disturbed Soils]. Patent RF, no. 94004234/15, 1995.

10. Nezabudkin G.K. *Tipy lesnykh kultur sosny na vyrubkakh i garyakh v sosnyakakh Mariyskoy ASSR* [Types of Pine Forest Plantations on the Clearances and Fire-Sites in the Mari ASSR Pine Forests]. Yoshkar-Ola: Povolzhskiy lesotekhnicheskii institut, 1961. 47 p. (In Russ.).

11. Borisova E.E. *Primenenie sideratov v mire* [Use of Green Manure across the Globe]. *Vestnik NGIEI* [Bulletin NGIEI]. 2015. No 6 (49). Pp. 24-33. (In Russ.).

12. Dovban K.I. *Zelenoe udobrenie v sovremen-nom zemledelii: voprosy teorii i praktiki* [Green Manure in the Present-Day Farming: Issues of Theory and Practice]. Minsk: Belorusskaya nauka, 2009. 404 p. (In Russ.).

13. Lezhnin K.T., Matorkin A.A., Karasev V.N et al. Vliyanie fitomeliorantov na fiziologicheskoe sostoyanie kultur sosny obyknovennoy [The Influence of Phytomeliorants on the Physiological State of Scots Pine Plantations]. *Aktualnye problemy lesnogo kompleksa* [Current Problems of Timber Complex]. 2005. No 10. Pp. 110-113. (In Russ.).

14. Cohen-Fernandez A. C., Naeth M. A. Increasing woody species diversity for sustainable limestone quarry reclamation in Canada. *Sustainability*. 2013. Vol. 5. No. 3. Pp. 1340-1355.

15. Macdonald S. E. et al. Forest restoration following surface mining disturbance: challenges and solutions. *New Forests*. 2015. Vol. 46. No. 5-6. Pp. 703-732.

16. Nezabudkin G.K., Karaseva M.A., Meledina L.A. Nekotorye voprosy biologii rakitnika russkogo [Some Issues of Biology of Chamaecytisus Ruthenicus]. *Lesnaya geobotanika i biologiya drevesnykh rasteniy* [Forest Geobotany and Biology of Woody Plants]. Tula: Tul'skiy politekhn.un-t, 1980. Pp. 65-67. (In Russ.).

17. Zastenskaya L. L. Vliyanie biologicheskoy melioratsii na rost i produktivnost lesnykh kultur v usloviyakh narushennykh zemel [The Influence of Biological Amelioration on the Growth and Productivity of Forest Plantations in the Disturbed Lands]. *Lesovedenie i lesnoe khozyaystvo* [Silviculture and Forestry]. 1992. No 26. Pp. 59-64. (In Russ.).

18. Karaseva M.A., Lezhnin K. T., Matorkin A.A. Vliyanie fitomeliorantov na rost i ustoychivost kultur sosny obyknovennoy i listvennitsy sibirskoy v Srednem Povolzhe [The Influence of Phytomeliorants on the Growth and Stability of Scots Pine and Siberian Larch Plantations in the Middle Volga Region]. *Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik* [Bulletin of Moscow State University of Forest – Forestry Bulletin]. 2007. No 4. Pp. 38-41. (In Russ.).

19. Nezabudkin G.K. *O kulture lupina mnogoletnego v Mariyskoy ASSR* [On the Blue Lupine in Mari ASSR]. Yoshkar-Ola: PLTI im. M.Gorkogo, 1958. 36 p. (In Russ.).

20. Ivanov L.A., Silina A.A., Tselniker Yu.L. O metode bystrogo vzveshivaniya dlya opredeleniya transpiratsii v estestvennykh usloviyakh [On the Method of Quick Weighing to Determine the Transpiration in the Natural Conditions]. *Botanicheskii zhurnal* [Botanical Magazine]. 1950. Vol. 35. № 2. Pp. 171. (In Russ.).

21. Karasev V.N., Karaseva M.A. *Ekologo-fiziologicheskaya diagnostika zhiznesposobnosti khvoynykh porod: monografiya* [Ecological and Physiological Diagnosis of Coniferous Species Viability:

monograph]. Yoshkar-Ola: Povolzhskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskoy universitet, 2013. 216 p. (In Russ.).

22. Godnev T.N. *Stroenie khlorofilla i metody ego kolichestvennogo opredeleniya* [The Chlorophyll Structure and the Methods for Its Quantitative Definition]. Minsk: Izd-vo AN BSSR, 1952. 327 p. (In Russ.).

23. Demakov Yu. P., Isaev A.V., Brodnikov S.N. et al. Kharakter izmeneniya parametrov mikroklimate pochv v lesnykh biogeotsenozakh Respubliki Mariy El [The Nature of the Change of Soil Microclimate Parameters in Forest Biogeocenoses of Mari El Republic]. *Lesnye ekosistemy v usloviyakh izmeneniya klimata: biologicheskaya produktivnost i distantsionnyy monitoring: materialy mezhdunarod. konf.* [Forest Ecosystems in the Conditions of Climate Change: Bioproductivity and Remote Sensing: proceedings of international conference]. Yoshkar-Ola: PGU, 2016. Pp. 34-43. (In Russ.).

24. Demakov Yu. P., Isaev A.V., Sharafutdinov R.N. Rol lesnoy podstilki v borakh Mariyskogo Zavolzhya i variabelnost ee parametrov [Forest Cover Role in Pine Forests of Mari Trans-Volga Region and Variability of Soil Cover Parameters]. *Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Bolshaya Kokshaga»* [Scientific Papers of State Nature Reserve “Bolshaya Kokshaga”]. Yoshkar-Ola, 2017. Iss. 8. Pp. 15-43. (In Russ.).

25. Romanov E. M., Mukhortov D. I., Nureeva T. V. Melioratsiya pochv lesnykh pitomnikov s primeneniem netraditsionnykh organicheskikh udobreniy [Soil Amelioration in Forest Nurseries Using Non-Traditional Organic Fertilizers]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2013. No 2 (18). Pp. 59-73. (In Russ.).

The article was received 26.11.18.

Accepted for publication 25.02.19.

For citation: Nureeva T. V., Kuklina N. A., Karaseva M. A., Lezhnin K. T., Ushnurtsev A. V. Wild Lupine for Biological Reclamation of Sand Pits. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2019. No 1 (41). Pp. 41–53. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.1.41

Information about authors

Tatiana V. Nureeva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Chair of Forest Plantations, Selection and Biotechnologies, Volga State University of Technology. Research interests – artificial forest regeneration and forest cultivation, recultivation of disturbed soils. The author of 150 publications.

Nadezhda A. Kuklina – Postgraduate student at the Chair of Forest Plantations, Selection and Biotechnologies, Volga State University of Technology. Research interests – recultivation of disturbed soils. The author of 25 publications.

Margarita A. Karaseva – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Chair of Forest Plantations, Selection and Biotechnologies, Volga State University of Technology. Research interests – artificial forest restoration, introduction of woody plants. The author of 140 publications.

Konstantin T. Lezhnin – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Chair of Forest Plantations, Selection and Biotechnologies, Volga State University of Technology. Research interests – artificial forest regeneration and mechanization of forestry works. The author of 35 publications.

Alexey V. Ushnurtsev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Chair of Forest Plantations, Selection and Biotechnologies, Volga State University of Technology. Research interests – artificial forest regeneration, growing the planting material for forestry purposes. The author of 10 publications.