

## Сведения об авторах

*Данилов Дмитрий Александрович* – директор ФГБНУ «Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка», кандидат сельскохозяйственных наук, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: stown200@mail.ru.

*Беляева Наталия Валерьевна* – профессор кафедры лесоводства, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», доктор сельскохозяйственных наук, доцент, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: galbel06@mail.ru.

*Мартынов Алексей Николаевич* – профессор кафедры лесоводства ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», доктор сельскохозяйственных наук, профессор, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: galbel06@mail.ru.

*Зайцев Дмитрий Андреевич* – аспирант кафедры лесоводства, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: disoks@gmail.com.

## Information about authors

*Danilov Dmitry Aleksandrovich* – Director of Federal State Educational Scientific Institution «Leningrad Scientific Research Institute of Agriculture «Belogorka», PhD in Agriculture, Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: stown200@mail.ru.

*Beliaeva Nataliia Valerievna* – Professor of Forestry Department of Federal State Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov», DSc in Agriculture, Associate Professor, Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: galbel06@mail.ru.

*Martynov Alexey Nikolaevich* – Professor of Forestry Department of Federal State Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov», DSc in Agriculture, Professor, Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: galbel06@mail.ru.

*Zaytsev Dmitriy Andreevich* – Post-graduate student of Forestry Department, Federal State Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov», Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: disoks@gmail.com.

DOI: 12737/25194

УДК 630\*453: 582.475.2(571.16)

## **ПРИРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ В ПИХТОВЫХ ЛЕСАХ, ПОВРЕЖДЕННЫХ В ХОДЕ ИНВАЗИИ УССУРИЙСКОГО ПОЛИГРАФА**

кандидат сельскохозяйственных наук **Н. М. Дебков**

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Российская Федерация

В начале текущего столетия участились случаи инвазий дендрофильных насекомых. Воздействия инвайдеров приводят к деградации лесных экосистем и потере природного биологического разнообразия. В статье рассмотрена инвазия уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. в пихтовые леса Западной Сибири. Целью исследований являлась оценка потенциала естественного возобновления пихтовых лесов Западной Сибири, поврежденных уссурийским полиграфом. Исследования проведены в южной части Томской области на 11 пробных площадях. Объектами исследований являлись как монопородные пихтовые древостой, так и полидоминантные сообщества пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) с участием сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour), ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), березы повислой (*Betula pendula* Roth) и осины (*Populus tremula* L.). Обследованные насаждения относились к приспевающему или спелому возрастным состояниям. Изучение естественного возобновления проводилось по стандартным методикам. Использовался метод трансект. Измерениям подвергались основные морфологические параметры подроста. Характер

размещения естественного возобновления по площади оценивался с вычислением коэффициента встречаемости и индекса рассеяния. Для оценки приуроченности подроста изучалась микро мозаичная организация сообществ. Анализ численности и морфоструктуры естественного возобновления выявил связь степени поврежденности древостоя и состояния подроста. Динамика пространственной структуры отличается гетерогенностью (индекс рассеяния превышает 1). Это свидетельствует о групповом размещении возобновления и его переменной плотности. На 82 % пробных площадей был зафиксирован отпад подроста в результате воздействия уссурийского полиграфа. При этом основная доля погибшего подроста приходится на крупную категорию (95 %), и лишь 5 % составляет средний подрост. Доля погибшего крупного подроста составила 9,9-50 %. Выявлена положительная связь между количеством отпада подроста и категорией состояния пихтового элемента леса. Численность подроста в поврежденных пихтовых лесах варьируется от 1,2 до 29,6 тыс. шт./га. Преобладающей породой является пихта. Пихтовые леса Западной Сибири, поврежденные уссурийским полиграфом, имеют потенциал регенерации. Пихта сибирская сохранит эдификаторное значение.

**Ключевые слова:** естественное возобновление, инвазии ксилофагов, пихта сибирская *Abies sibirica* Ledeb., деградация лесов, уссурийский полиграф *Polygraphus proximus* Blandf.

### THE NATURAL POTENTIAL OF REGENERATION IN FIR FORESTS, DAMAGED DURING THE INVASION OF POLYGRAPHUS PROXIMUS

PhD in Agriculture **N. M. Debkov**

Institute of monitoring of climatic and ecological systems SB RAS, Tomsk, Russian Federation

#### Abstract

In the beginning of this century, the cases of invasions of dendrophilous insects becomes more often. The impact of invaders leads to the degradation of forest ecosystems and loss of natural biological diversity. The article discusses the invasion of *Polygraphus proximus* Blandf. in fir forests of Western Siberia. The aim of the research was to evaluate the potential of natural regeneration of fir forests in Western Siberia, damaged by *Polygraphus proximus*. Studies are conducted in the southern part of the Tomsk region at 11 test plots. Objects of research were both one breed fir trees, and grass communities of Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.) with participation of Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour), Siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb.), silver birch (*Betula pendula* Roth) and aspen (*Populus tremula* L.). Surveyed plantations belonged to the ripening or ripe age states. The study of natural regeneration was carried out according to standard procedures. Method of transects was used. Measurements were subjected to basic morphological parameters of the undergrowth. The distribution of the natural regeneration area was estimated by calculating the ratio of occurrence and index of scattering. To assess the affinity of the undergrowth, micromosaic structure of the organization of communities was studied. Analysis of the size and morphological structure of natural regeneration have identified the degree of damage of forest stand and condition of the undergrowth. Dynamics of spatial structure is characterized by heterogeneity (index of dispersion exceeds 1). It indicates group location and its variable density. 82 % of teste plots were recorded with mortality of trees in the impact of *Polygraphus proximus*. In this case the bulk of the deceased undergrowth is from the major category (95 %), and only 5 % is the average undergrowth. The share of deceased major undergrowth was 9.9-50 %. There was a positive relationship between the number of mortality of trees and status category of fir forest. The number of damaged undergrowth in fir forests varies from 1.2 to 29.6 thousand units/ha. Predominant species is fir. Fir forests of Western Siberia, damaged by *Polygraphus proximus*, have potential of regeneration. Siberian fir will retain edificatoria value.

**Keywords:** natural regeneration, infestations of xylophagous, *Abies sibirica* Ledeb., degradation of forests, *Polygraphus proximus* Blandf.

Инвазии чужеродных организмов (в основном насекомых) с каждым годом набирают темпы. До последнего времени к данной тематике отмечался слабый интерес не только общественности, но и ученого сообщества [17]. Хотя уже установлено преимуществен-

но негативное влияние инвазий ксилофагов не только на структуру природного биологического разнообразия [18, 21], но и на социальные аспекты [15]. При этом воздействия инвайдеров выступают в качестве ключевого фактора утраты биоразнообразия [16, 19]. Главной

причиной происходящих процессов инвазий выступает, как правило, транспортировка древесины без учета карантинных мер [14, 20].

В Южной Сибири на фоне этих глобальных процессов наблюдается уникальное для сибирской тайги явление – широкомасштабное усыхание пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) в результате инвазии и массового размножения исконно дальневосточного короеда – уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. [2].

В первое время после начала вспышки массового размножения дальневосточного инвайдера в пихтовых или с участием пихты лесах Сибири нередко звучали прогнозы о возможности полной утраты не только лесообразующей роли пихты сибирской, но и ее статуса биологического вида [1]. Несмотря на эти прогнозы, до последнего времени мало внимания уделялось регенеративным функциям нарушенных уссурийским полиграфом экосистем. Аналитический обзор подобных исследований показывает некоторую противоречивость в этом вопросе. В частности, высказывались мнения о том, что в деградированных насаждениях до 80 % экземпляров подроста подвергались атакам полиграфа, на основании чего был сделан прогноз о том, что инвайдер будет осваивать крупный подрост после гибели материнского древостоя [6]. Дальнейшие исследования этих авторов показали, что на подросте, подвергшемся атакам полиграфа, в 100 % случаев образуются некрозы. Однако на следующий год они не распространяются, что говорит об устойчивости подростка к воздействию как полиграфа, так и его ассоцианта – фитопатогенного гриба [7]. Также было показано, что наихудшее состояние подростка свойственно наиболее деградированным пихтовым насаждениям [8]. Другие авторы тоже указывают на значительную гибель крупного подростка от полиграфа, но отмечают неплохое состояние подростка мелкой и средней категории именно в деградированных насаждениях [13].

В связи с этим, цель исследований заключалась в оценке возобновительного потенциала пихтовых экосистем и прогнозировании их сукцессионной динамики в Западносибирском регионе инвазии уссурийского полиграфа.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в южной части Томской области на 11 пробных площадях (пр. пл.)

(табл. 1), заложенных в 2012-2016 гг. сотрудниками Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, как в чистых по составу пихтачах (с долей участия других пород до 2 единиц), так и в смешанных древостоях с сосной сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour), елью сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), березой повислой (*Betula pendula* Roth) и осинной (*Populus tremula* L.). Обследованные насаждения относились к приспевающей или спелой группам возраста и характеризовались на момент исследования разной степенью нарушенности – от ослабленных (средневзвешенная категория состояния древостоя (СКС) 1,6-2,5 балла) до сильно ослабленных (СКС варьируется в пределах 2,6-3,5 балла) и деградированных (СКС составляет 3,6 балла и выше).

Изучение естественного возобновления проводилось по специализированным методическим указаниям [9], модифицированным в соответствии с поставленными задачами. В зависимости от характеристики исследуемых сообществ (площади участка и количественных параметров возобновления) перечень производился на непрерывных трансектах квадратными учетными площадками по 4 м<sup>2</sup> в количестве 25 штук или прерывистых на 30 круговых площадках размером 10 м<sup>2</sup>.

При перечете возобновления учитывались его породный состав, высота, диаметр, возраст, численность, протяженность и проекция кроны, линейные приросты осевого побега и бокового побега I порядка. Также отбирались модельные экземпляры подростка в количестве 3 штук на группу высот для уточнения морфологических характеристик и возраста.

Характер размещения естественного возобновления по площади оценивался с вычислением встречаемости. С целью изучения пространственного размещения подростка рассчитывался индекс рассеяния, предложенный Р.А. Фишером [11].

Основными параметрами, принятыми в работе и характеризующими жизнеспособный подрост [10, 12], являются соотношение текущего линейного прироста осевого побега и бокового побега I порядка, так называемый экологический коэффициент кроны (более 0,5 для мелкого подростка, 0,7 для среднего и 1 для крупного), протяженность кроны по стволу (более 61 %), отношение длины кроны к ширине (более 0,9). Принятые в данной работе значения экологического коэффициента кроны отличны от общепринятых в ле-

соведении, в связи с особенностями онтогенеза пихты сибирской [3]. В раннем и позднем иммаурном состоянии, которые применимы к мелкой и средней категории высоты пихтового подростка соответственно, характерно превышение прироста боковых ветвей над осевым побегом. При комплексной оценке жизненного состояния благонадежным считалось возобновление, у которого наблюдалось превышение пороговых значений по двум из трех вышеприведенных параметров.

Для оценки топической приуроченности подростка изучалась структурная организация микроместообитаний в лесных сообществах, выражаемая в образовании в процессе жизни и смерти деревьев специфического фитогенного микрорельефа [4]. Указанная классификация была существенно модифицирована нами под конкретные условия исследований. В соответствии с ней были выделены такие микроместообитания (микросайты) I порядка, как подкروновые участки живых и мертвых генеративных деревьев (с разделением на сухостой, бурелом и ветровал), а также межкروновые участки. Внутри каждого микроместообитания I порядка были дополнительно выделены микроместообитания II порядка: ровные участки, приствольные возвышения, а также места расположения мертвой древесины – пни и валежины.

Статистическая обработка собранного материала осуществлялась стандартными методами [5] в программе Microsoft Excel с вычислением среднего значения с ошибкой, точности, коэффициента вариации, дисперсии, а также коэффициента корреляции.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Пробные площади (пр. пл.) заложены в 5 географических пунктах Томской области в пределах южно-таежного лесного района (табл. 1), как в эксплуатационных лесах, так и в разной категории защитности (зеленые зоны, особо охраняемые природные территории, водоохранные зоны). При этом на 4 пр. пл. (№ 1–12, 4–12, 6–12 и 45–16) древостой является деградированным, а на остальных – в той или иной степени ослабленным.

*Количественные и качественные параметры естественного возобновления*

В пихтовых лесах Коларовского участкового лесничества Томского лесничества (ООПТ «Ларинский ландшафтный заказник») было заложено 4 пр. пл. в смешанных (№№ 2–12, 3–12, 4–12) и чистом (№ 1–12)

пихтовых насаждениях (табл. 1). Насаждения на пр. пл. 1–12 и 4–12 являются деградированными, на пр. пл. 2–12 и 3–12 – сильно ослабленными. Под пологом деградированных древостоев сформировался сплошной (проективное покрытие 100 %) ярус черемухи, бузины, крапивы и малины.

Состав возобновления не повторяет пропорций материнского полога, обеспеченность возобновлением составляет  $1233 \pm 266$  шт./га и  $13200 \pm 4574$  шт./га (при встречаемости 60 и 96 %) в деградированных пихтачах и  $10000 \pm 3346$  шт./га и  $19200 \pm 6824$  шт./га (при встречаемости 83 и 92 %) в сильно ослабленных древостоях. Благонадежный подрост имеется во всех обследованных насаждениях, при этом на пр. пл. 3–12 представлен всеми категориями крупности, на пр. пл. 1–12 средним и крупным подростом, на долю которых приходится 83 % особей (около 1 тыс. шт./га), а на пр. пл. 2–12 только крупным подростом, который составляет 68,5 % возобновления (более 6,5 тыс. шт./га). На пр. пл. 4–12 по параметрам кроны средний подрост относится к неблагонадежному, однако он постепенно наращивает прирост в высоту и тем самым положительно реагирует на осветление в результате отпада части деревьев верхнего полога.

В пихтовых лесах Межениновского участкового лесничества Томского лесничества (окр. пос. Басандайка Томского р-на) было заложено 2 пр. пл. (№№ 5–12, 30–16) в чистых пихтовых насаждениях. Первое насаждение является сильно ослабленным, а второе – ослабленным. Состав возобновления в общих чертах закономерно повторяет состав материнского полога, обеспеченность возобновлением колеблется от  $6200 \pm 2975$  шт./га (при встречаемости 80 %) в сильно ослабленном пихтаче до  $7625 \pm 3128$  шт./га (при встречаемости 100 %) в ослабленном древостое. На пр. пл. 5–12 по параметрам кроны весь подрост относится к неблагонадежному, но по показателю текущего прироста он показывает положительную динамику. Это свидетельствует о том, что ранее он находился в более неблагоприятных условиях (конкуренция за ресурсы с материнским древостоем) и крона формировалась плохого качества, а затем ситуация изменилась в связи с усыханием основного полога, и постепенно подрост улучшает свое состояние.

В городских лесах Томска (зеленая зона, Заварзинская лесная дача) была заложена 1 пр. пл. (№ 6–12)

Характеристика морфоструктуры подроста в пихтовых лесах, поврежденных уссурийским полиграфом

№ ПП	Состав, %	Категория крупности	Возраст, лет	Высота, см	Диаметр, см	Протяженность кроны, см	Ширина кроны, см	Прирост осевого побега, см	Прирост бокового побега I порядка, см
Коларовское уч. лесничество Томского лесничества (ООПТ «Ларинский ландшафтный заказник»)									
1-12	89П 8Е 3К	I	10±3	46±11	0,8±0,1	30±11	37±9	2,3±0,9	5,0±0,6
		II	17±3	109±10	1,8±0,2	83±10	87±22	10,7±2,7	10,0±1,1
		III	33±7	307±79	4,6±1,0	212±50	198±42	35,7±5,8	13,0±0,6
2-12	94П 6Е	I	11±2	33±3	0,5±0,1	22±1	23±5	1,7±0,3	4,7±0,7
		II	17±1	98±14	1,9±0,3	78±15	78±13	3,7±0,9	6,3±0,3
		III	27±4	309±64	3,7±0,9	216±35	127±22	16,0±2,9	10,0±1,1
3-12	99П 1К	I	9±2	31±2	0,7±0,1	20±1	19±3	3,7±0,6	6,0±1,0
		II	18±1	87±3	1,7±0,2	73±3	69±4	14,0±2,5	10,8±1,3
		III	20±1	190±5	3,0±0,3	173±10	120±5	22,0±3,9	12,0±1,1
4-12	99П 1К	I	13±1	43±6	0,8±0,1	31±5	30±5	5,8±1,4	7,2±0,6
		II	21±2	73±6	1,2±0,1	43±5	51±3	5,7±1,4	6,8±1,3
		III	44±5	302±78	4,8±0,8	189±49	127±10	33,0±4,5	16,3±0,3
Межениновское уч. лесничество Томского лесничества (окр. пос. Басандайка Томского р-на)									
5-12	84П 16Е	I	20±1	33±4	0,6±0,1	20±3	31±6	2,5±0,5	4,3±0,5
		II	26±1	98±8	1,6±0,1	63±7	71±7	7,3±1,6	7,5±1,0
		III	29±1	217±15	3,6±0,3	149±15	150±9	18,7±5,2	10,9±2,0
30-16	87П 13Е	I	15±1	36±3	0,6±0,1	16±2	30±3	1,3±0,3	3,2±0,3
		II	26±1	87±6	1,3±0,1	36±4	64±7	3,4±0,9	4,8±0,5
		III	37±1	260±29	3,2±0,3	114±18	167±16	5,2±1,4	7,1±1,7
Городские леса Томска (зеленая зона, Заварзинская лесная дача)									
6-12	100П	I	-	12±1	0,3±0,1	-	-	-	-
		II	-	59±7	0,7±0,1	25±5	45±5	1,5±0,5	3,7±0,2
		III	28±3	378±44	5,1±0,6	231±35	180±12	11,7±2,3	8,8±0,7
Прикульское уч. лесничество Корниловского лесничества (окр. пос. Итатка Томского р-на)									
32-16	89П 9Е 2К	I	10±1	39±3	0,6±0,1	26±4	24±5	2,0±0,1	2,8±0,4
		II	21±2	87±11	1,5±0,3	61±12	58±10	4,7±0,9	6,0±0,6
		III	35±1	215±5	2,5±0,1	113±10	125±10	12,0±1,0	9,0±1,0
33-16	91П 9Е	I	11±1	42±3	0,7±0,1	21±3	25±3	1,5±0,5	3,3±0,9
		II	25±4	83±25	1,5±0,4	57±23	73±29	2,0±1,0	4,7±0,9
		III	38±2	201±35	2,9±0,3	131±30	135±5	4,0±1,1	5,0±1,0
34-16	100П	I	14±2	59±2	1,0±0,1	43±3	60±3	4,7±0,7	5,7±0,7
		II	23±2	116±15	1,9±0,3	71±5	83±7	5,5±2,2	6,3±1,3
		III	29±5	210±18	2,8±0,2	179±17	128±11	7,3±3,2	7,7±2,3
Четское уч. лесничество Тегульдского лесничества (окр. пос. Четь-Конторка Тегульдского р-на)									
45-16	100П	I	3±1	13±3	0,4±0,1	-	-	-	-

Примечание: I – мелкий, II – средний, III – крупный подрост

в деградированном смешанном пихтовом насаждении. Под пологом разрушенного древостоя сформировался сплошной (проективное покрытие 100 %) ярус черемухи, бузины, спиреи, крапивы и малины. Состав возобновления не соответствует таковому материнского полога и представлен исключительно пихтой численностью 1500±667 шт./га (при встречаемости 36 %). Благонадежными являются мелкий и крупный подрост, на которые приходится 52 % возобновления

(около 0,8 тыс. шт./га).

В пихтовых лесах Прикульского участкового лесничества Корниловского лесничества (окр. пос. Итатка Томского р-на) было заложено 3 пр. пл. – в смешанных (№№ 32–16, 33–16) и чистом (№ 34–16) пихтовых насаждениях. Пихтовый элемент леса в смешанных насаждениях признан сильно ослабленным, в чистом – ослабленным. Состав возобновления в общих чертах закономерно повторяет состав материн-

ского полога, обеспеченность возобновлением колеблется от  $3667 \pm 1267$  шт./га (при встречаемости 63 %) в чистом пихтаче до  $3917 \pm 1318$  шт./га (при встречаемости 60 %) и  $8500 \pm 3487$  шт./га (при встречаемости 77 %) в смешанных древостоях (пр. пл. №№ 32–16 и 33–16 соответственно). Благонадежный подрост имеется во всех обследованных насаждениях, при этом на пр. пл. 32–16 представлен всеми категориями крупности, на пр. пл. 33–16 только крупным подростом, на долю которого приходится 12,5 % (около 1 тыс. шт./га), а на пр. пл. 34–16 – мелким и средним подростом, которые составляют 86 % возобновления (более 3 тыс. шт./га).

В пихтовых лесах Четского участкового лесничества Тегульдетского лесничества (окр. пос. Четь-Конторка Тегульдетского р-на) была заложена 1 пр. пл. (№ 45–16) в чистом пихтовом насаждении, которое являлось деградированным. Особенностью насаждения было то, что его систематически затапливало в период паводка, поскольку оно располагается в водоохранной зоне р. Четь. Характеристика возобновления однородная, оно представлено пихтой мелкой категории крупности (10–40 см) возрастом до 10 лет (в среднем 2–5 лет). Под пологом разрушенного древостоя сформировался сплошной (проективное покрытие 100 %) ярус свидины и крапивы. Состав возобновления повторяет таковой материнского полога, обеспеченность возобновлением составляет  $29600 \pm 11222$  шт./га (при встречаемости 92 %). Состояние ценопопуляций подраста вполне благонадежное.

Основываясь на динамике численности и особенностях морфоструктуры, в состоянии естественного возобновления выявлен ряд закономерностей. В частности, выявлена связь степени поврежденности (ослабленности) древостоя и состояния подраста. Для деградированных насаждений характерно наличие крупного подраста средней высотой 3,1–3,8 м с превышением линейного прироста осевого побега над боковым в 1,4–2,8 раза (до  $35,7 \pm 5,7$  см/год). Средний подрост также благонадежен, а мелкий подрост, как правило, нежизнеспособен и испытывает угнетающее влияние подпологовой растительности, представленной как разросшимися кустарниками, так и травяным покровом. В отношении сильно ослабленных насаждений динамика примерно такая же, крупный подрост средней высоты 1,9–2,1 м характеризуется превышением линейного прироста осевого побега над боковым в 0,8–

3,2 раза (до  $22,0 \pm 3,9$  см/год). Состояние мелкого и среднего подраста подчиняется тем же закономерностям, что и на деградированных участках. Несколько иная картина наблюдается в ослабленных насаждениях, где крупный подрост имеет среднюю высоту 2,1–2,6 м с равенством линейного прироста осевого побега и бокового (0,9–1,0 раз, или до  $7,3 \pm 3,2$  см/год). При этом как средний, так и мелкий подрост в большинстве случаев благонадежен и имеет относительный показатель по приросту такой же, как и у крупного подраста.

Динамика пространственной структуры отличается гетерогенностью. Индекс рассеяния устойчиво превышает 1, при этом он выше в смешанных насаждениях и при доминировании в высотно-возрастной структуре ценопопуляций мелкого и среднего подраста. Это свидетельствует о групповом размещении возобновления с одной стороны (при показателе встречаемости ниже 65 %) и о переменной плотности при равномерной встречаемости подраста (выше 65 %).

Обобщая вышеприведенные данные, можно отметить, что как на полностью деградированных участках, так и в древостоях, ослабленных в той или иной степени, имеется достаточное количество благонадежного естественного возобновления, которое обеспечит формирование сообществ с преобладанием пихты, т. е. смены пород не произойдет. При этом на полностью деградированных участках прогнозируется формирование куртинно-разновозрастных пихтачей.

Прямое влияние уссурийского полиграфа на состояние ценопопуляций естественного возобновления пихты сибирской

На 7 из 11 пр. пл. (т. е. в 63 % случаев) был зафиксирован отпад подраста в результате воздействия уссурийского полиграфа. Следует отметить, что на 2 пр. пл. (№ 3–12 и 45–16) не было подходящего подраста (как правило, крупной категории, об этом речь ниже), т. е. встречаемость гибели подраста необходимо скорректировать, и она составляет в действительности 82 %. Динамика отпада следующая: 8,3 %, 6,8 %, 2,3 %, 2,1 %, 2,0 %, 2,6 %, 13,3 % на пр. пл. 1–12, 2–12, 4–12, 32–16, 33–16, 30–16 и 6–12 соответственно. Разброс колебаний этого показателя достаточно высок: от малозначимого (2–3 %) до весьма существенного (8–13 %).

Выявлена положительная связь между количеством отпада и категорией состояния пихтового эле-

мента леса (коэффициент корреляции +0,36). Эта связь показывает обусловленность гибели подроста общим состоянием фитоценоза. Т. е. в случае плохого состояния взрослого поколения пихт, что приводит к сокращению кормовой базы полиграфа, он поневоле вынужден осваивать более тонкомерную часть сообщества (но это происходит только во время вспышки). При этом основная доля погибшего подроста приходится на крупную категорию (95 %), и лишь 5 % составляет средний подрост. Это означает, что он осваивает пихты до определенного предела, который по нашим данным соответствует средней категории крупности, или высотой до 1,5 м. По ряду биологических причин такой подрост не способствует выкармливанию новых поколений короеда. Косвенно это положение подтверждается анализом связи величины отпада подроста и показателем обеспеченности ценопопуляций подростом крупной категорией (коэффициент корреляции +0,92). Это означает, что при превалировании в высотно-возрастной структуре возобновления крупного подроста неслучайным образом (вероятностно-предопределенно) следует ожидать значимой гибели этой кате-

гории при вспышке массового размножения уссурийского полиграфа. В связи с этим следует уточнить ранее обозначенные величины отпада подроста в пересчете на крупную категорию. Они составляют 15,8 %, 9,9 %, 27,2 %, 50 %, 15,4 %, 11,1 %, 16,7 % на пр. пл. 1–12, 2–12, 4–12, 32–16, 33–16, 30–16 и 6–12 соответственно. Это кардинально меняет понимание ситуации и по-новому позволяет взглянуть на трансформационную роль уссурийского полиграфа по отношению к пихте сибирской.

*Микромозаичная организация пихтовых лесов и приуроченность погибшего подроста*

Избирательность воздействия дальневосточного ксилофага проявляется и на уровне пространственной организации лесного сообщества (рис. 1). Усредненная микромозаичная организация пихтовых лесов, испытывавших воздействие уссурийского полиграфа, включает такие микросайты I порядка, как межкрупные (40,5 %), подкрупные живого дерева (42,6 %), подкрупные сухостоя (11,4 %) и подкрупные ветровала или буреломы (5,6 %) участки. При этом 72 % подроста приурочено к таким микросайтам II порядка, как ров-

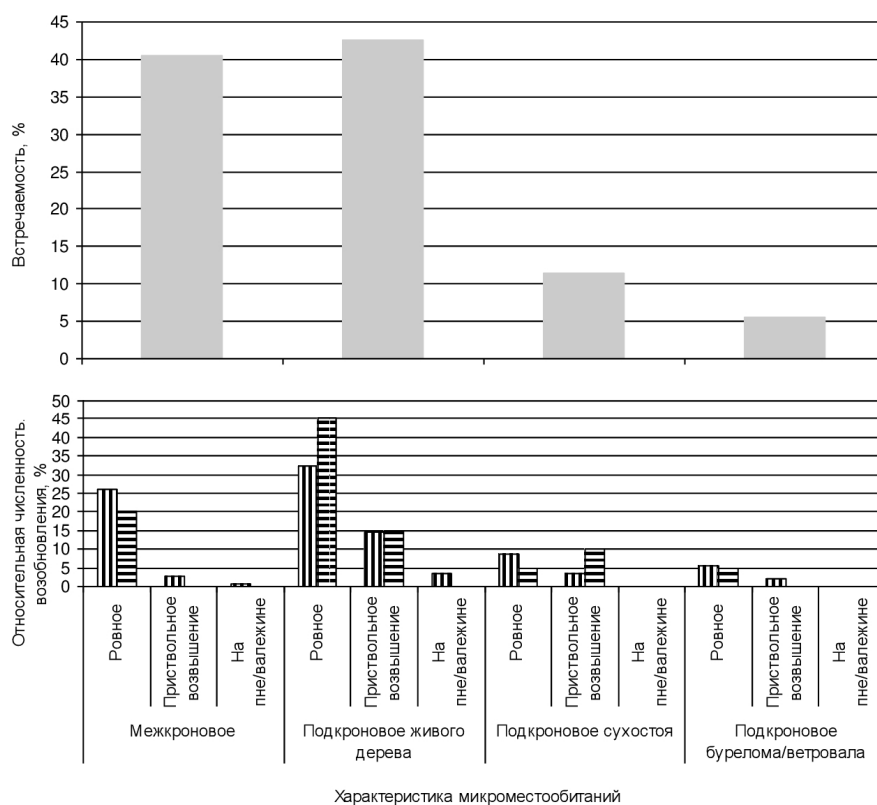


Рис. 1. Микромозаичная организация пихтовых лесов, поврежденных уссурийским полиграфом (А), и приуроченность естественного возобновления (Б, вертикальная штриховка) и отмершего подроста (Б, горизонтальная штриховка) к различным типам микроместообитаний

ные участки. На приствольные возвышения приходится 23 % возобновления, а на мертвый органический субстрат – только 4 %. Обеспеченность возобновлением межкronовых участков составляет 29,5 %, подкronовых участков живого дерева – 50,3 %, подкronовых участков сухостоя – 12,4 % и подкronовых участков ветровала или бурелома – 7,7 %. Т. е. в среднем обеспеченность межкronовых участков ниже на 10 %, а подкronовых участков живого дерева, наоборот, выше на 10 %.

Анализ приуроченности погибшего подроста показал, что на межкronовые участки приходится 20 % отпада, на подкronовые живого дерева – 60 %, на подкronовые сухостоя – 10 %, а на подкronовые бурелома или ветровала – 5 %. Вероятно, это связано с тем, что во время вспышки массового размножения при атаках на взрослые деревья короеды, испытывая трудности их заселения, переключались на рядом расположенный крупный подрост, который не оказывал такого сопротивления. Также видно, что динамика отпада подроста полностью копирует динамику обеспеченности.

Для сравнительного анализа рассмотрим данные об отпаде подроста, образовавшемся в результате естественного процесса роста и развития лесных сообществ. Фоновый уровень отпада подроста является показателем протекающих процессов сукцессионной динамики насаждения и индикатором конкурентной напряженности за ресурсы питания как с материнским пологом, так и с другими ярусами растительности. По нашим данным, сухостой подроста естественного происхождения имеется во всех обследованных насаждениях. Это уже отличает его от отпада в результате воздействия полиграфа. Идентичность же проявляется в том, что он отмечен только среди среднего и крупного подроста. Но, в отличие от сухостоя, образовавшегося в результате атак полиграфа, на долю среднего подроста приходится уже 40 %, а на крупный – 60 %.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований уточнены закономерности влияния уссурийского полиграфа на лесообразовательный процесс пихтовых лесов юго-востока Западной Сибири. Установлено, что вы-

сказанные ранее прогнозы об освоении инвайдером крупного подроста после гибели материнского яруса не соответствуют действительности. По нашим данным, по истечении 5 лет после деградации древостоя не наблюдается свежих поселений ксилофага на сохранившемся подросте. Однако в периоды вспышек численности массового размножения уссурийский полиграф способен нападать, преимущественно, на крупный подрост и приводить, по нашим данным, к гибели 9,9-50 % его ценпопуляции.

Различие мнений по вопросу влияния полиграфа на жизненное состояние естественного возобновления мы объясняем тем, что разные авторы изучали динамические возобновительные процессы в конкретные промежутки времени после вспышки. Т. е. в первые годы после массового размножения инвайдера действительно наблюдается неудовлетворительное состояние мелкого и среднего подроста, но в последующие годы он адаптируется и улучшает свое состояние, особенно это касается крупного и среднего подроста. Причем особенно рельефно наращивание линейного прироста происходит именно в деградированных насаждениях.

Пространственное размещение подроста имеет ярко выраженный групповой характер (при встречаемости ниже 65 %) или с переменной плотностью (при встречаемости выше 65 %). При этом обеспеченность межкronовых участков ниже на 10 %, а подкronовых участков, наоборот, выше на 10 %. Численность подроста колеблется в широких пределах (от 1,2 до 29,6 тыс. шт./га), но в целом соответствует нормативным показателям действующего законодательства в сфере воспроизводства лесов, при которых можно надеяться на восстановление деградированных участков естественным путем без смены пород. В связи с этим, на полностью деградированных участках прогнозируется формирование куртинно-разновозрастных пихтачей, а в ослабленных в той или иной степени древостоях – усложнение возрастной структуры.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-44-700782 p-a).

### Библиографический список

1. Гниненко, Ю. И. Новые инвазивные дендрофильные организмы – возрастающее значение для лесов страны [Текст] / Ю. И. Гниненко // Экологические и экономические последствия инвазий дендрофильных насекомых: матер. Всерос. конф. – Красноярск, 2012. – С. 12-15.



2. Трансформация таёжных экосистем в очаге инвазии полиграфа уссурийского *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) в Западной Сибири [Текст] / С. А. Кривец [и др.] // Российский журнал биологических инвазий. – 2015. – № 1. – С. 41-63.
3. Махатков, И. Д. Пространственная структура ценопопуляций пихты сибирской в черневых пихтовых лесах Салаира [Текст] : дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05; защищена 27.10.98 / И. Д. Махатков. – Новосибирск, 1998. – 125 с.
4. Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки [Текст] / под ред. Л. Б. Заугольной, Т. Ю. Браславской. – М. : Товарищество научных изданий, 2010. – 383 с.
5. Лакин, Г. Ф. Биометрия [Текст] / Г. Ф. Лакин. – М., 1990. – 352 с.
6. Пац, Е. Н. Влияние уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) на подрост пихты сибирской в очагах инвазии в Томской области [Текст] / Е. Н. Пац // VII Чтения памяти О.А. Катаева : матер. Междунар. конф. – СПб., 2013. – С. 72.
7. Пац, Е. Н. Роль уссурийского полиграфа *Poligraphus proximus* Blandf. в ухудшении состояния естественного возобновления в поврежденных пихтовых лесах [Текст] / Е. Н. Пац, С. А. Кривец // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: матер. Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвященной 70-летию создания Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. – Новосибирск, 2014. – С. 655-657.
8. Пац, Е. Н. Изменение жизнестойкости подростка в ходе инвазии уссурийского полиграфа в пихтовые леса Томской области [Текст] / Е. Н. Пац, Н. А. Чернова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013: матер. IX Междунар. науч. конгресса. – Новосибирск, 2013. – Т. 3, № 4. – С. 55-59.
9. Побединский, А. В. Изучение лесовосстановительных процессов [Текст] / А. В. Побединский. – М., 1966. – 64 с.
10. Правила лесовосстановления [Текст] : [утв. приказом МПР России № 375 29 июня 2016 г.]. – М., 2016. – 86 с.
11. Свалов, С. Н. Применение статистических методов в лесоводстве [Текст] / С. Н. Свалов // Лесоведение и лесоводство. – 1985. – Т. 4. – С. 1-164.
12. Успенский, Е. И. Лесовозобновительный процесс под пологом мелколиственных лесов Среднего Поволжья [Текст] / Е. И. Успенский // Лесной журнал. – 1987. – № 3. – С. 116-118.
13. Шабалина, О. М. Изменение основных компонентов фитоценоза в очаге массового размножения уссурийского полиграфа (*Poligraphus proximus* Blandf.) на территории Красноярского края [Текст] / О. М. Шабалина, И. Н. Безкоровая // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: матер. Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвященной 70-летию создания Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. – Новосибирск, 2014. – С. 658-660.
14. Bacon, S. J. Gaps in border controls are related to quarantine alien insect invasions in Europe [Text] / S. J. Bacon, S. Bacher, A. Aebi // PLoS ONE. – 2012. – Vol. 7. – No. 10. – Pp. 1-9.
15. Socio-economic impact and assessment of biological invasions [Text] / R. Binimelis, W. Born, I. Monterroso, B. Rodriguez-Labajos // Ecological Studies. – 2007. – Vol. 193. – pp. 331-347.
16. Born, W. Economic evaluation of biological invasions – a survey [Text] / W. Born, F. Rauschmayer, I. Brauer // Ecological Economics. – Vol. 55. – No. 3. – Pp. 321-336.
17. Will threat of biological invasions unite the European Union? [Text] / P. E. Hulme, P. Pysek, W. Nentwig, M. Vila // Science. – 2009. – Vol. 324. – Pp. 40-41.
18. Ecological effects of invasive alien insects [Text] / M. Kenis [et al.] // Biological Invasions. – Vol. 11. – No. 1. – Pp. 21-45.
19. Poland, T. M. Emerald ash borer: invasion of the urban forest and the threat to North America's ash resource [Text] / T. M. Poland, D. G. McCullough // Journal of Forestry. – 2006. – Vol. 104. – No. 3. – Pp. 118-124.
20. Roques, A. Alien forest insects in a warmer world and a globalised economy: impacts of changes in trade, tourism and climate on forest biosecurity [Text] / A. Roques // New Zealand Journal of Forestry Science. – 2010. – Vol. 40. – Pp. 77-94.
21. Distribution, impact and rate of spread of emerald ash borer *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) in the Moscow region of Russia [Text] / N. A. Straw, D. T. Williams, O. Kulinich, Y.I. Gninenko // Forestry. – 2013. – Vol. 86. – No. 5. – Pp. 515-522.

## References

1. Gninenko Ju.I. *Novye invazivnye dendrofil'nye organizmy – vozrastajushhee znachenie dlja lesov strany* [New dendrophilous invasive organisms – the growing importance of the country's forests]. *Jekologicheskie i jekonomicheskie posledstvija invazij dendrofil'nyh nasekomyh: materialy Vserossijskoj konferencii* [Environmental and economic impacts of invasive dendrophilous insects: materials of all-Russian conference]. Krasnojarsk, 2012, pp. 12-15. (in Russian).
2. Krivets S.A., Bisirova E.M., Kerchev I.A., Pats E.N., Chernova N.A. Transformation of taiga ecosystems in the western siberian invasion focus of four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). *Rossijskij zhurnal biologicheskikh invazij* [Russian Journal of Biological Invasions], 2015, Vol. 6, no. 2, pp. 94-108 (in Russian).
3. Mahatkov I.D. *Prostranstvennaja struktura cenopopuljacij pihty sibirskoj v chernykh pihovykh lesah Salaira*. Dis. kand. biol. nauk [The spatial structure of populations of Siberian fir in the dark fir forests of the Salair. PhD. biol. sci. diss.]. Novosibirsk, 1998. 125 p (in Russian).
4. *Metodicheskie podhody k jekologicheskoj ocenke lesnogo pokrova v bassejne maloj reki* [Methodological approaches to environmental assessment of forest cover in basin of a small river]. Moscow, 2010, 383 p. (in Russian).
5. Lakin G.F. *Biometrija* [Biometry]. Moscow: High school, 1990. 352 p. (in Russian).
6. Pac E.N. *Vlijanie ussurijskogo poligrafa Polygraphus proximus Blandf. (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) na podrost pihty sibirskoj v ochagah invazii v Tomskoj oblasti* [Influence four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) on undergrowth of Siberian fir in focus invasions in Tomsk oblast]. *VII Chtenija pamjati O.A. Kataeva: Materialy Mezhdunarodnoj konferencii* [The Kataev Memorial Readings – VII: Proceedings of the International Conference]. Saint-Petersburg, 2013, p. 72. (in Russian).
7. Pac E.N., Krivec S.A. *Rol' ussurijskogo poligrafa Polygraphus proximus Blandf. v uhudshenii sostojanija estestvennogo vozobnovlenija v povrezhdennykh pihovykh lesah* [The role of four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandf. in deterioration of natural regeneration in damaged fir forests]. *Lesnye biogeocenozy boreal'noj zony: geografija, struktura, funkcii, dinamika: Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvjashhennaja 70-letiju sozdanija Instituta lesa im. V.N. Sukacheva SO RAN* [Forest biogeocenoses of the boreal zone: geography, structure, functions, dynamics: all-Russian scientific conference with international participation dedicated to the 70th anniversary of creation of Institute of forest V.N. Sukachev SB RAS]. Novosibirsk, 2014, pp. 655-657. (in Russian).
8. Pac E.N., Chernova N.A. *Izmenenie zhiznennosti podrosta v hode invazii ussurijskogo poligrafa v pihovye lesa Tomskoj oblasti* [Change of vitality of undergrowth during invasion of *Polygraphus proximus* in fir forests of Tomsk oblast]. *Interjeks-po GEO-Sibir'-2013: Materialy IX Mezhdunarodnogo nauchnogo kongressa* [Interexpo-GEO-Sibir-2013: Proceedings of the International congress]. Novosibirsk, 2013, Vol. 3, no. 4, pp. 55-59. (in Russian).
9. Pobedinskij A.V. *Izuchenie lesovosstanovitel'nykh processov* [The study of forest regeneration processes]. Moscow: Nauka, 1966, 64 p. (in Russian).
10. *Pravila lesovosstanovlenija* [Reforestation rules]: utv. prikazom № 183 MPR Rossii 16 ijulja 2007 g. Moscow, 2007. 86 p (in Russian).
11. Svalov S.N. *Primenenie statisticheskikh metodov v lesovodstve* [The application of statistical methods in forestry]. *Lesovodzenie i lesovodstvo* [Forestry and silviculture], 1985, Vol. 4, pp. 1-164. (in Russian).
12. Uspenskij E.I. *Lesovozobnovitel'nyj process pod pologom melkolistvennykh lesov Srednego Povolzh'ja* [Forest forming process under canopy small-leaved forest of middle Volga region]. *Lesnoj zhurnal* [Forest journal], 1987, no. 3, pp. 116-118. (in Russian).
13. Shabalina O.M., Bezkorovajnaja I.N. *Izmenenie osnovnykh komponentov fitocenoza v ochage massovogo razmnozhenija ussurijskogo poligrafa (Polygraphus proximus Blandf.) na territorii Krasnojarskogo kraja* [Change main components of phytocenosis in the outbreak of mass reproduction of four-eyed fir bark beetle (*Polygraphus proximus* Blandf.) on territory of the Krasnojarsk region]. *Lesnye biogeocenozy boreal'noj zony: geografija, struktura, funkcii, dinamika: Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvjashhennaja 70-letiju sozdanija Instituta lesa im. V.N. Sukacheva SO RAN* [Forest biogeocenoses of the boreal zone: geography, structure, functions, dynamics: all-Russian scientific conference with international participation dedicated to the 70th anniversary of creation of Institute of forest V.N. Sukachev SB RAS]. Novosibirsk, 2014, pp. 658-660. (in Russian).

14. Bacon S.J., Bacher S., Aebi A. Gaps in border controls are related to quarantine alien insect invasions in Europe. PLoS ONE, 2012, Vol. 7, no. 10, pp. 1-9.
15. Binimelis R., Born W., Monterroso I., Rodriguez-Labajos B. Socio-economic impact and assessment of biological invasions. Ecological Studies, 2007, Vol. 193, pp. 331-347.
16. Born W., Rauschmayer F., Brauer I. Economic evaluation of biological invasions – a survey. Ecological Economics, Vol. 55, no. 3, pp. 321-336.
17. Hulme P.E., Pysek P., Nentwig W., Vila M. Will threat of biological invasions unite the European Union? Science, 2009, Vol. 324, pp. 40-41.
18. Kenis M., Auger-Rozenberg M.-A., Roques A., Timms L., Perrin C., Cock M.J.W., Settele J., Augustin S., Lopez-Vaamonde C. Ecological effects of invasive alien insects. Biological Invasions, Vol. 11, no. 1, pp. 21-45.
19. Poland T.M., McCullough D.G. Emerald ash borer: invasion of the urban forest and the threat to North America's ash resource. Journal of Forestry, 2006, Vol. 104, no. 3, pp. 118-124.
20. Roques A. Alien forest insects in a warmer world and a globalised economy: impacts of changes in trade, tourism and climate on forest biosecurity. New Zealand Journal of Forestry Science, 2010, Vol. 40, pp. 77-94.
21. Straw N.A., Williams D.T., Kulinich O., Gninenko Y.I. Distribution, impact and rate of spread of emerald ash borer *Agilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) in the Moscow region of Russia. Forestry, 2013, Vol. 86, no. 5, pp. 515-522.

### Сведения об авторе

*Дебков Никита Михайлович* – научный сотрудник лаборатории мониторинга лесных экосистем, «Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН», кандидат сельскохозяйственных наук, г. Томск, Российская Федерация; e-mail: nikitadebkov@yandex.ru.

### Information about author

*Debkov Nikita Mihailovich* – Researcher of the laboratory of monitoring of forest ecosystems «Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS», Ph.D. in Agricultural, Tomsk, Russian Federation; e-mail: nikitadebkov@yandex.ru

DOI: 12737/25195

УДК 630\*114.30

### ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА МЕЛО-МЕРГЕЛЬНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ СУБСТРАТОВ В РАЙОНЕ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

кандидат сельскохозяйственных наук **Т. П. Деденко**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,  
г. Воронеж, Российская Федерация

В результате добычи полезных ископаемых открытым способом происходит формирование техногенно нарушенных земель. В осадочном чехле железорудных карьеров Курской магнитной аномалии (КМА) около 60-80 % вскрышных пород приходится на пески и мел. Эти породы в ходе горно-вскрышных работ транспортируются и укладываются в отвалы. Меловые и мело-мергельные горные породы КМА крайне неблагоприятны по водно-физическим и агрохимическим свойствам для произрастания на них древесной и кустарниковой растительности. Одним из способов повышения лесорастительного потенциала эдафотопного слоя меловых и мело-мергельных отвалов является формирование техногенных субстратов путем нанесения и смешивания мело-мергеля с различными более плодородными мелиоративными слоями различной мощности. Гранулометрический состав техногенных субстратов является важной генетической и лесотипологической характеристикой условий местопроизрастания растений. Объектом исследований служил рекультивированный в 1974 г. мело-мергельный отвал Щигровского фосфоритного рудника Курской области. Гранулометрический состав определялся пипеточным методом Качинского. Показаны положительные изменения гра-