

УДК 631.4

## ПОЧВЕННЫЕ ФАКТОРЫ УСТОЙЧИВОСТИ ЕЛЬНИКОВ

О.В. МАРТЫНЕНКО, доц. МГУЛ, канд. с-х наук<sup>(1)</sup>,В.Н. КАРМИНОВ, доц. МГУЛ, канд. с-х наук<sup>(1)</sup>,П.В. ОНТИКОВ, ассистент МГУЛ<sup>(1)</sup>,Д.Г. ЩЕПАЩЕНКО, проф. МГУЛ, доц., канд. биол. наук, Международный институт прикладного системного анализа, г. Лаксенбург, Австрия<sup>(1, 2)</sup>,А.А. БАРАНЕНКОВА, МГУЛ<sup>(1)</sup>

martinen@mgul.ac.ru, schepd@gmail.com, vnk57@yandex.ru, opv86@mail.ru

<sup>(1)</sup>ФБГОУ ВПО «Московский Государственный Университет Леса»  
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д.1, МГУЛ<sup>(2)</sup>Международный институт прикладного системного анализа  
А-23611, Австрия, г. Лаксенбург, ул. Шлоссплатц, д. 1

Среди хвойных пород, произрастающих на территории Московского региона, преобладает ель европейская (*Picea abies* (L.) H.Karst.). Эта порода распространена на тяжелых по гранулометрическому составу почвах и весьма требовательна к влаге, поэтому засуха 2010 г. негативно повлияла на ее состояние. При ослаблении деревьев активно проявляются различные патогены и вредители, среди которых выделяется короед-типограф (*Ips tyrographus* L.). Многие исследователи проблему поражения еловых насаждений рассматривали, в первую очередь, с точки зрения климатических флуктуаций, во многом определяющих развитие патогенов, но в то же время почвенно-гидрологическим факторам зачастую уделялось недостаточное внимание. Целью нашей работы было изучение почвенных факторов, влияющих на состояние и устойчивость еловых насаждений. Объектом исследования были выбраны еловые насаждения Московского учебно-опытного лесничества. На основании изучения лесостроительных материалов в сочетании с актуальными космоснимками в среде ГИС был обнаружен участок неповрежденного ельника, вокруг которого находились сухостойные ели того же возраста. Во время натурных обследований этот участок был найден, на нем и на близлежащей территории были изучены почвенно-грунтовые условия. Проведенное исследование показало, что на участке с сохранившимся ельником в почве было обнаружено специфическое чередование горизонтов по гранулометрическому составу (прослойки песка разной мощности, подстилающие верхние суглинистые горизонты). На окружающей территории подобная песчаная прослойка не обнаруживалась. Сочетание различных по гранулометрическому составу слоев поспособствовало накоплению в почве капиллярно-посаженной влаги. Это влага, которая удерживается капиллярными силами в мелкопористом слое почвы при подстилании его слоем крупнопористым. По всей вероятности, запас влаги в этой прослойке позволил еловому насаждению пережить засуху без сильного ослабления. В дальнейшем планируется поиск таких же участков живых елей, с последующим исследованием почвенных факторов, для доказательств этой гипотезы.

Ключевые слова: еловые насаждения, устойчивость насаждений, усыхание еловых насаждений, лесные почвы, короед-типограф, капиллярно-посаженная влага.

Массовая гибель еловых насаждений Московского региона после засухи 2010 г. вызвала значительный интерес исследователей лесного сектора к проблеме устойчивости ели к неблагоприятным условиям среды, антропогенной нагрузке, вредителям и болезням. Особую остроту и внимание общественности этому вопросу придает тот факт, что еловые насаждения составляют значительную часть лесов Московского региона, выполняют важную рекреационную и защитную функцию.

О массовом усыхании еловых насаждений написано немало публикаций и монографий. Наиболее известные работы в этом направлении выполнены рядом исследователей. Многолетняя динамика почвенного увлажнения и усыхания ели в еловых лесах

южной европейской тайги подробно рассмотрена Н.Н. Выгодской и др. [1]. Актуальность этой проблемы сильно возросла после экстремальной засухи 2010 г., что подтверждается публикациями А.Д. Маслова, Е.Г. Малаховой, А.Ф. Алябьева, С.А. Короткова (с соавт.) [2] и ряда других исследователей.

А.Д. Маслов в монографии «Короед-типограф и усыхание еловых лесов» приводит результаты многолетних исследований по биологии и динамике численности короёда типографа (*Ips tyrographus* L.) На основе анализа роли факторов динамики численности короёда и состояния еловых древостоев даны рекомендации по ведению мониторинга санитарного состояния еловых насаждений и колебания численности короёда-типографа,

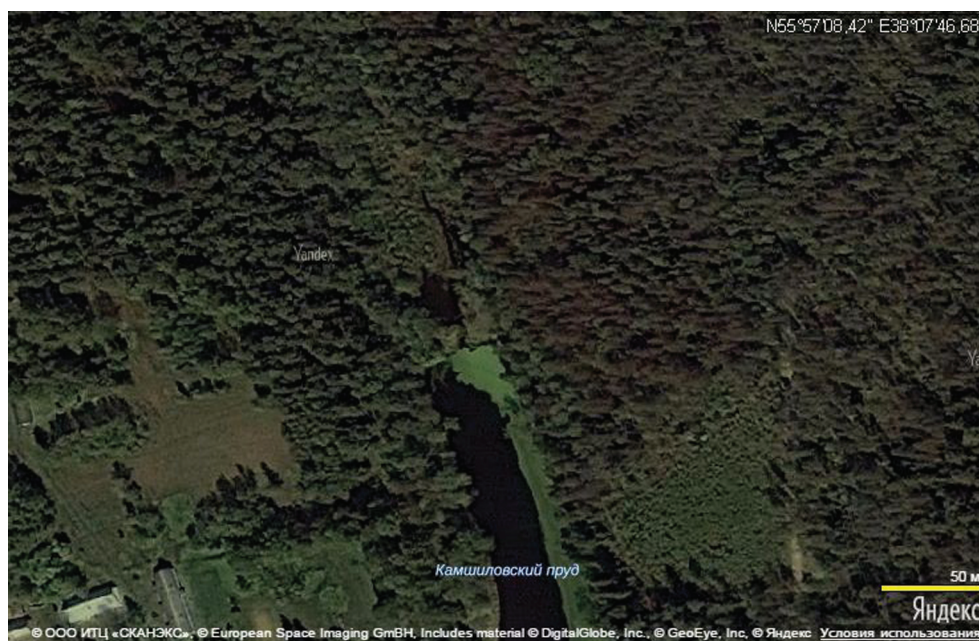


Рис. 1. Космоснимок (Digital Globe, Яндекс) частично погибших еловых насаждений в Свердловском участковом лесничестве Московского учебно-опытного лесничества

Fig. 1. Image (Digital Globe, Yandex) of partly dead spruce forest in Sverdlovsk district of Moscow training experimental forestry unit

предложена система интегрированных мероприятий по защите еловых лесов от усыхания и борьбе с короедом, типографом [3].

В работах Е.Г. Малахова отмечает, что в Московской области очаги усыхания ельников располагаются неравномерно по всей площади, а распределены пятнами. Рекомендованные мероприятия нацелены на улучшение состояния лесопатологического мониторинга и своевременное обнаружение и борьбу с очагами массового размножения короеда типографа [4].

А.Ф. Алябьев в статье «Усыхание ельников Подмосковья» говорит о необходимости отказа от создания монокультур ели и целесообразности внедрения лесных культур с участием дуба и липы. Эта статья активно обсуждается на сайте <http://www.forestforum.ru>, а так же на сайте Комитета лесного хозяйства [5].

Указанные авторы анализируют экологию короеда-типографа, влияние климатических условий на устойчивость еловых насаждений; в то время как почвенно-гидрологические факторы устойчивости оказались в тени. Кафедра почвоведения МГУЛ на протяжении многих лет ведет почвенно-биоцено-

логические исследования в лесах Московского учебно-опытного лесничества [6–8].

Одним из направлений работ, результаты которого представлены в данной статье, является изучение почвенных факторов, влияющих на состояние и устойчивость еловых насаждений. В настоящее время еловые выделы находятся в катастрофическом состоянии, поражение приспевающих, спелых и перестойных ельников приближается к 100 %.

Исследование началось с картографирования погибших и выживших (устойчивых) насаждений Свердловского участкового лесничества Московского учебно-опытного лесничества. Для этой цели эффективными оказались космоснимки высокого разрешения, полученные из открытых источников (рис. 1). На снимках хорошо выделяются сухие кроны деревьев, а на временных сериях (2007–2015) видно развитие очагов поражения ельников.

Мы совместили современные космоснимки из открытых источников с существующим планом лесонасаждений для получения атрибутивной информации погибших и живых еловых древостоев. Операция наложения оцифрованных контуров пораженных ельников, которые хорошо видны на

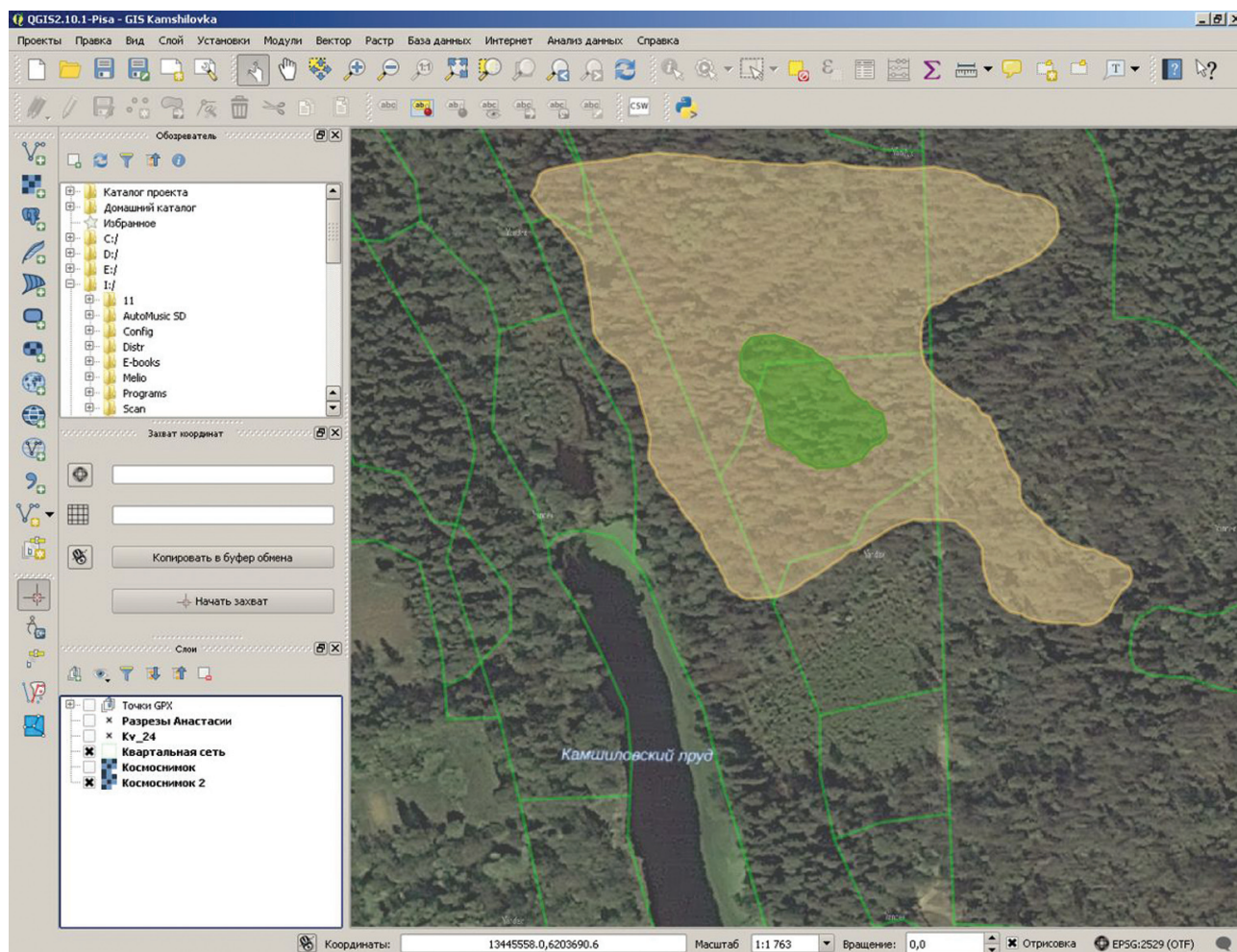
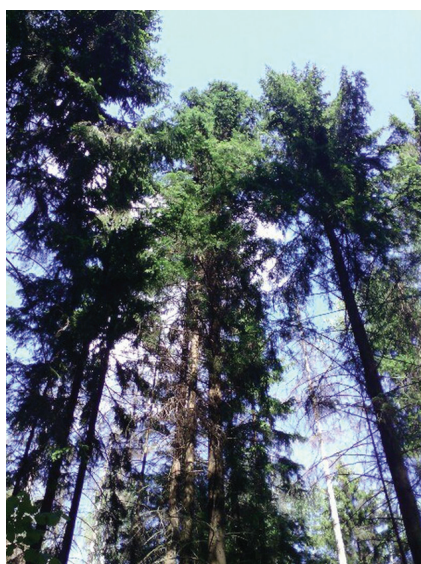
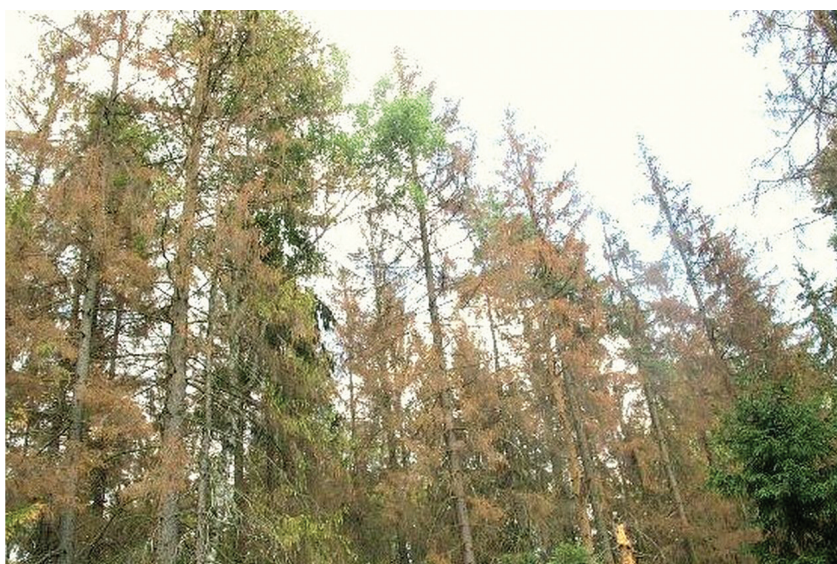


Рис. 2. Совмещение космоснимков с планом лесонасаждения  
 Fig. 2. Overlay of a satellite image and forest map



а



б

Рис. 3. Участок сохранившегося ельника (слева), мертвый ельник (справа)  
 Fig 3. Forest site with alive spruce (left), dead spruce (right)

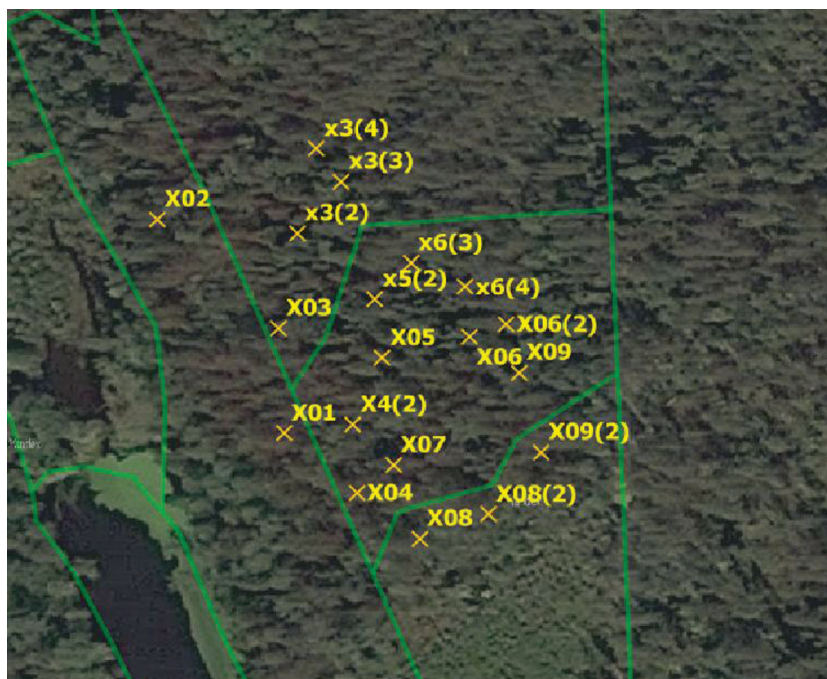


Рис. 4. Размещение разрезов по пробной площади  
 Fig. 4. Distribution of test pits over the plot

космоснимках, с еловыми выделами (рис. 2) была проделана с помощью программы QGIS 2.10.1. [9–11].

В 2015 г. в 33 квартале Свердловского участкового лесничества нами был обнаружен и обследован один из сохранившихся ельников. Это приспевающий ельник кисличный (состав 9Е1Б) находится в достаточно хорошем состоянии. Этот участок был расположен в пределах 15, 16 и 25 выделов, при этом вокруг него все еловые выделы аналогичных возрастов к моменту обследования уже погибли. На рис. 3 показан участок живого древостоя и участок с сухостойными елями.

Первая гипотеза о том, что в зоне anomalно сохранившегося ельника проходит временный водоток, обусловленный понижением рельефа, при детальном изучении и топосъемке не подтвердилась. Тогда было принято решение о поиске причины необычной устойчивости приспевающих ельников путем детального почвенного обследования данной территории.

В результате проведенной работы было заложено 2 пробных площади, на которых выкопано 18 почвенных разрезов с их полным морфологическим описанием. На дне одного из разрезов было выполнено шнековое бурение (мотобуром Earthquake) еще на 1,5 м.

Разрезы были равномерно размещены по пробной площади и охватывали как аномальный участок, так и близлежащую территорию. На рис. 4 показано размещение разрезов.

В результате почвенных изысканий на двух пробных площадях (первая пробная площадь находится в сухостойном ельнике, вторая – в сохранившемся ельнике) были выявлены следующие почвенные различия:

- дерново-сильнопodzолистые глееватые среднесуглинистые почвы на морене;
- дерново-сильнопodzолистые среднесуглинистые почвы на морене.

Морфометрические показатели, характеризующие изучаемые почвы – средние арифметические значения и доверительный интервал на уровне значимости 0,05 – приведены в табл. 1. Полученные показатели характеризуются высокой статистической достоверностью, что подтверждается соответствующими значениями показателя точности опыта [12]. По усредненным данным табл. 1 были построены схематические профили почвы, где дополнительно нанесена верхняя граница обнаруженной песчаной прослойки (рис. 5).

Сравнивая почвы на участке сохранившегося ельника с почвами на близлежа-

**Основные статистические показатели морфометрических свойств**  
**Basic statistics morphometric properties**

Пробная площадь	Горизонт	Среднее (M) и доверительный интервал ( $\alpha = 0,05$ )	Дисперсия ( $s^2$ )	Стандартное отклонение (s)	Ошибка выборочной средней (m)	Показатель точности (P), %	Коэффициент вариации (V), %
мощности горизонтов, см							
«погибшие»	A <sub>0</sub>	5,09±0,47	0,49	0,70	0,21	4,15	13,76
	A <sub>1</sub>	10,00±1,31	3,80	1,95	0,59	5,88	19,49
	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	14,00±2,03	7,00	2,65	0,88	6,30	18,90
	A <sub>2</sub>	22,67±3,26	18,00	4,24	1,41	6,24	18,72
	A <sub>2</sub> B	27,90±4,98	48,54	6,97	2,20	7,90	24,97
«живые»	A <sub>0</sub>	2,75±0,39	0,21	0,46	0,16	5,95	16,83
	A <sub>1</sub>	7,13±1,13	1,84	1,36	0,48	6,73	19,03
	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	15,63±2,96	12,55	3,54	1,25	8,02	22,68
	A <sub>2</sub>	15,63±2,89	11,98	3,46	1,22	7,83	22,15
	A <sub>2</sub> B <sub>g</sub>	42,88±5,20	38,70	6,22	2,20	5,13	14,51
	пес.*	47,67±9,36	79,47	8,91	3,64	7,63	18,70

Примечание: “\*” – приведена верхняя граница залегания песчаной прослойки, см.

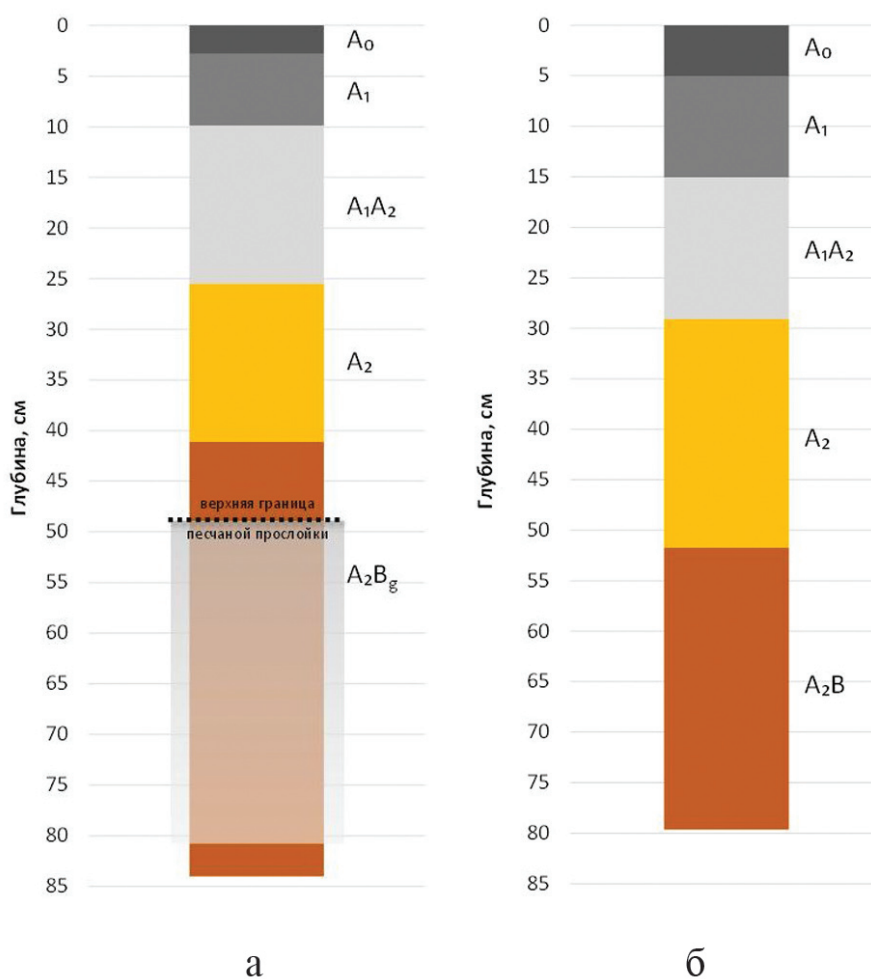


Рис. 5. Схематические почвенные профили под сохранившимся (слева) и под мертвым ельником (справа)  
 Fig. 5. Schematic soil profiles of forest sites with alive (left) and dead spruce (right)

щей территории единственное явное отличие было обнаружено в чередовании горизонтов по гранулометрическому составу. Из данных таблицы можно увидеть, что на участке с сохранившимся ельником на глубинах от 40 см в суглинистых горизонтах обнаруживались песчаные прослойки разной мощности. Мощность этой прослойки варьировала в значительных пределах и составляла 15–50 см. Зона контакта верхних горизонтов с прослойкой всегда обнаруживала заметные следы оглеения. Ниже песчаной прослойки располагались средние или тяжелые суглинки. За пределами «аномальной» зоны такой особенности в строении почвенного профиля не отмечалось.

Указанный факт свидетельствует о том, что в исследованных почвах сложились благоприятные условия для накопления и сохранения так называемой «капиллярно-посаженной влаги» [13]. Это влага, удерживаемая капиллярными силами в мелкопористом суглинистом слое почвы при подстилании его слоем крупнопористым, песчаным и рыхлым. На границе смены этих слоев наблюдается оглеение. Распределение капиллярной воды в слоистом грунте отличается от такового в однородном грунте. Вместо того чтобы равномерно уходить вниз по профилю, в нашем случае она задерживается в капиллярном пространстве и доступна для растений. Разрыв капилляров на границе двух слоев препятствует потере капиллярной влаги в обоих направлениях: как стоку вниз после осадков, так и движению вверх при засухе.

Песчаная линза дренирует избыточную гравитационную влагу верхних горизонтов после таяния снега и сильных дождей и тем снижает избыточное увлажнение верхних горизонтов. Создается эффект, аналогичный искусственным почвенным смесям, создаваемым в цветочных горшках, контейнерах и посадочных ямах, когда на дно укладывается дренаж. Кроме того, крупнопористое пространство линзы способно сохранять большое количество влаги и на долгий срок в виде верховодки, принимая во внимание лежащий ниже водоупорный слой.

Вероятнее всего, слоистая структура почвенного профиля в пределах корнеобитаемого слоя создала благоприятный гидрологи-

ческий режим и позволила пережить ельнику засуху 2010 г. без существенного ослабления. Предложенная гипотеза подтверждается тем, что в верхней части песчаной прослойки обнаруживались корни ели.

Для подтверждения этой гипотезы мы планируем продолжать эти исследования по поиску исследованию аналогичных участков.

### Библиографический список

1. Выгодская, Н.Н. Многолетняя динамика почвенного увлажнения и усыхания ели в еловых лесах южной европейской тайги / Н.Н. Выгодская, В.И. Абражко, А.В. Варлагин и др. // Лесоведение. – 2004. – № 1. – С. 3–22.
2. Коротков, С.А. Устойчивость и динамика еловых и липовых насаждений северо-восточного Подмосковья / С.А. Коротков, Л.В. Стоноженко, Е.В. Ерасова, С.К. Иванов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2014. – № 4. – С. 13–22.
3. Маслов, А.Д. Короед-типограф и усыхание еловых лесов / А.Д. Маслов. – М.: ВНИИЛМ, 2010. – 138 с.
4. Малахова, Е.Г. Усыхание ельников в Клинском лесничестве Московской области / Е.Г. Малахова, А.М. Крылов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – Вып. № 1–8. – Т. 14.
5. Алябьев, А.Ф. Усыхание ельников Подмосковья / А.Ф. Алябьев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2013. – № 6 (98). – С. 159–166.
6. Щепашенко, Д.Г. Опыт совместного анализа материалов полевой почвенной съемки и данных лесоустройства на примере Щелковского УОЛХ / Д.Г. Щепашенко, В.Н. Карминов, О.В. Мартыненко, М.В. Щепашенко // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2007. – № 7. – С. 47–49.
7. Мартыненко, О.В. Возрастная динамика продуктивности сосновых насаждений в зависимости от почвенных условий / О.В. Мартыненко, Д.Г. Щепашенко, В.Н. Карминов, М.В. Щепашенко // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 7. – С. 62–69.
8. Development of a global hybrid forest mask through the synergy of remote sensing, crowdsourcing and FAO statistics. Schepaschenko D., See L., Lesiv M., McCallum I., Fritz S., Salk C., Perger C., Shvidenko A., Albrecht F., Kraxner F., Dbrauer M., Obersteiner M., Karminov V., Ontikov P., Moltchanova E., Shchepashchenko M., Kovalevskiy S., Gilitukha D., Bun A., Maksyutov S. et al. Remote Sensing of Environment. 2015. T. 162. pp. 208–220.
9. Попов, С.Ю. Геоинформационные системы и пространственный анализ данных в науках о лесе: учебное пособие / С.Ю. Попов. – СПб.: ООО Издательский центр «Интермедия», 2013. – 400 с.
10. Берлянт, А.М. Геоинформационное картографирование / А.М. Берлянт. – М.: 1997. – 64 с.
11. Журкин, И.Г. Геоинформационные системы / И.Г. Журкин, С.В. Шайтура. – М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2009. – 273 с.
12. Боровиков, В.П. Программа STATISTICA для студентов и инженеров. – 2-е изд. / В.П. Боровиков. – М.: КомпьютерПресс, 2001. – 301 с.
13. Ковда, В.А. Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1973. – 468 с.

SOIL FACTORS OF RESYSTENCE OF SPRUCE FORESTS

**Martynenko O.V.**, Assoc. Prof. MSFU, Ph.D. (Agricultural)<sup>(1)</sup>; **Karminov V.N.**, Assoc. Prof. MSFU, Ph.D. (Agricultural)<sup>(1)</sup>; **Ontikov P.V.**, Senior Lecturer MSFU<sup>(1)</sup>; **Schepaschenko D.G.**, Prof. MFSU, Dr. Sci. (Biol.)<sup>(1,2)</sup>; **Baranenkova A.A.**, pg. MSFU<sup>(1)</sup>

martinen@mgul.ac.ru, schepd@gmail.com, vnk57@yandex.ru, opv86@mail.ru

<sup>(1)</sup> Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia;

<sup>(2)</sup> International Institute for Applied Systems Analysis, Schlossplatz 1, A-23611, Laxenburg, Austria

Spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) is one of the major coniferous species represented in Moscow region. It grows on loam or clay loam soils and it is sensitive to soil moisture. The drought of 2010 adversely affected spruce forest. Weak spruce is further highly influenced by various pathogens and pests, among which the most aggressive is bark beetle (*Ips typographus* L.). Many researchers have investigated the role of climatic fluctuations in respect of the development of pathogens; however, soil and hydrological factors are often out of the focus. The aim of our work was to study the soil factors affecting the state and resistance of spruce stands. The object of the study was spruce stands of the Moscow educational-experimental forest unit. Forest inventory data in combination with satellite imagery in a GIS environment allowed us to discover a plot with alive resistant spruce surrounded by dead spruce stands of the same age. During field surveys, we investigated soil in both alive and died spruce plots. The study showed that alive spruce forest has developed on soil with specific alternation of horizons of different texture (contains sand layer of varying thickness, underlain by loam horizons). The surrounding soils with dead spruce do not have such a sandy layer. The combination of layers with different texture support accumulation of soil moisture. This moisture, which is trapped by capillary forces in the small pore layer of the soil. Most probably, the ability of soil to store more water has allowed spruce to survive during the drought. We plan to continue our research and investigate more plots with alive spruce stands, to prove our hypothesis.

Keywords: spruce stands, forest resistance, spruce stands dieback, forest soils, bark beetle, capillary-underprop moisture.

References

1. Vygodskaya N.N., Abrazhko V.I., Varlagin A.V., Kurbatova Yu.A., Sidorov K.N., Milyukova I.M., Sogachev A.F., Sogacheva L.M., Shaposhnikov E.S., Nepomnyashchii G.I., Abrazhko M.A. *Mnogoletnyaya dinamika pochvennogo uvlazhneniya i usyhaniya eli v elovykh lesakh uzhnoy evropeyskoy taygi* [Long-term dynamics of soil wetting and spruce dieback in the spruce forests of the southern European taiga]. *Lesovedenie*, 2004, no. 1, pp. 3–22.
2. Korotkov S.A., Stonozhenko L.V., Erasova E.V., Ivanov S.K. *Ustoychivost' i dinamika elovykh i lipovykh nasazhdeniy severo-vostochnogo Podmoskov'ya* [Sustainability and the evolution of spruce and lime forest in north-east Moscow region]. *Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik*, 2014, no. 4, pp. 13–22.
3. Maslov A.D. *Koroed-tipograf i usykhanie elovykh lesov* [Bark beetle and spruce forests dieback]. Moscow: VNIILM, 2010, 138 p.
4. Malakhova E.G., Krylov A.M. *Usykhanie el'nikov v Klin'skom lesnichestve Moskovskoy oblasti* [Drying of spruce forests in Klin forestry unit, Moscow region] *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, no. 1-8, t. 14, 2012.
5. Alyab'ev A.F. *Usykhanie el'nikov Podmoskov'ya* [Drying of spruce forests near Moscow]. *Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik*, 2013, no. 6 (98), pp. 159–166.
6. Shhepashhenko D.G., Karminov V.N., Martynenko O.V., Shhepashhenko M.V. *Opyt sovmeystnogo analiza materialov polevoy pochvennoy s#yomki i dannykh lesoustroystva na primere Shchelykovskogo UOLH* [Experience of the joint analysis of materials of field soil survey and data of forest inventory on the example of Shchelkovo forestry unit]. *Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik*, 2007, no. 7, pp. 47–49.
7. Martynenko O.V., Shhepashhenko D.G., Karminov V.N., Shhepashhenko M.V. *Vozrastnaya dinamika produktivnosti sosnovykh nasazhdeniy v zavisimosti ot pochvennykh usloviy* [Dynamics of pine forest productivity with age depend on soil properties]. *Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik*, 2010, no. 7, pp. 62–69.
8. Schepaschenko D., See L., Lesiv M., McCallum I., Fritz S., Salk C., Perger C., Shvidenko A., Albrecht F., Kraxner F., Dьbrauer M., Obersteiner M., Karminov V., Ontikov P., Moltchanova E., Shchepaschenko M., Kovalevskiy S., Gilitukha D., Bun A., Maksyutov S. et al. Development of a global hybrid forest mask through the synergy of remote sensing, crowdsourcing and FAO statistics. *Remote Sensing of Environment*. 2015. T. 162. pp. 208–220.
9. Popov S.Yu. *Geoinformatsionnye sistemy i prostranstvennyy analiz dannykh v naukakh o lese* [Geographic information systems and spatial analysis of data in the forest science: a tutorial]. St. Petersburg: OOO Publishing Center «Intermedia», 2013, 400 p.
10. Berlyant A.M. *Geoinformatsionnoe kartografirovaniye* [GIS mapping]. Moscow: 1997, 64 p.
11. Zhurkin I.G., Shaytura S.V. *Geoinformatsionnye sistemy* [GIS sistemy]. Moscow: KUDITs-PRESS, 2009, 273 p.
12. Borovikov V.P. *Programma STATISTICA dlya studentov i inzhenerov* [Statistics program for students and engineers]. Moscow: ComputerPress, 2001, 301 p.
13. Kovda B.A. *Osnovy ucheniya o pochvakh. Obshchaya teoriya pochvoobrazovatel'nogo protsessa* [Fundamentals of soils. General theory of soil formation process]. Moscow: Science, 1973, 468 p.