

selskokhozyaystvennogo naznacheniya. – M., 2003. – 195 s.

15. Puzachenko Yu.G., Karpachevskiy L.O., Vznuzdaev N.A. Vozmozhnosti primeneniya informatsionno-logicheskogo analiza pri izuchenii pochvy na primere ee vlazhnosti // Zakonomernosti prostranstvennogo varirovaniya svoystv pochv i informatsionno-statisticheskie metody ikh izucheniya. – Moskva: Nauka, 1970. – S. 103-121.

16. Pochvy Altayskogo kraja. – Moskva: Izd-vo AN SSSR, 1959. – 380 s.

17. Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR. – Moskva: Kolos, 1977. – 223 s.

18. Pivovarova E.G. Antropogennaya transformatsiya chernozemnykh pochv v razlichnykh litologo-geomorfologicheskikh usloviyakh Predaltayskoy pochvennoy provintsii // Pochvovedenie – proizvodstvennoy i ekologicheskoy bezopasnosti strany: tezisy dokladov VII sezda Obshchestva pochvovedov im. V.V. Dokuchaeva i vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiem nauchnoy konferentsii (Belgorod, 15-22 avgusta 2016 g.). Chast II. – Moskva-Belgorod: Izdatelskiy dom «Belgorod», 2016. – S. 191-192.

19. Konontseva E.V., Pivovarova E.G., Khludentsov Zh.G. Transformatsiya pokazateley plodородiya pakhotnykh pochv v pochvennom rayone tipichnykh i vshchelochennykh tuchnykh moshchnykh i srednemoshchnykh chernozemov podgornykh ravnin Altayskogo kraja // Agrarnaya nauka – selskomu khozyaystvu: sb. stat.: XII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: v 3 kn. – Barnaul: Izd-vo RIO Altayskogo GAU, 2017. – Kn. 2. – S. 144-146.

20. Ilina L.P., Illarionova N.F. Otsenka stepeni agroistoshcheniya pochv zemel selskokhozyaystvennogo naznacheniya // Innovatsii v tekhnologiyakh vozdeleyvaniya selskokhozyaystvennykh kultur: Materialy mezhd. nauchno-prakt. konf. – Izd-vo: FGBOU VPO Donskoy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2015. – S. 47-52.

21. Morozov A.I. O pochve i pochvovedenii (vzglyad so storony). – Moskva: GEOS, 2007. – 286 s.

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №18-44-22003/19 и Минобрнауки Алтайского края № Н-35.*



УДК 631.4:614.84(571.150)

И.В. Гефке, А.Г. Болотов, Е.П. Чугузов  
I.V. Gefke, A.G. Bolotov, Ye.P. Chuguzov

## ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА ГАРЯХ В ЛЕНТОЧНЫХ БОРАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

### THE TEMPERATURE REGIME OF SOD-PODZOLIC SOILS IN THE BURNED AREAS OF THE ALTAI REGION'S PINE FORESTS

**Ключевые слова:** температурный режим, дерново-подзолистая почва, ленточный бор, гарь, горельник.

Ленточные боры Алтайского края – это уникальное природное образование. Они выполняют защитные, социальные, сырьевые функции, а также обеспечивают экологическую безопасность степной части края. Повышенная горимость сосновых насаждений в ленточных борах Алтайского края приводит к образованию горельников и гарей. Сухие и очень сухие лесорастительные условия, сложный мезорельеф, изменчивый микроклиматический режим почв на гарях замедляют естественный и искусственный лесовозобновительный процесс. Экстремальные условия по температуре складываются в почвенном профиле на вершинах гребней на гарях. Лесные пожары формируют определенный температурный режим дерново-подзолистых почв на гарях в ленточных борах Алтайского края. Экспериментальные данные тем-

пературы дерново-подзолистой почвы получены на гарях в трех природных подзонах в пределах ленточных боров Алтайского края: степная зона, сухостепная подзона – Коростелёвский бор (Озеро-Кузнецовское лесничество), степная зона, засушливостепная подзона – Сростинский бор (Волчихинское лесничество, Новичихинское лесничество), лесостепная зона, южная лесостепь – Барнаулский ленточный бор (Барнаулское лесничество). В летний период наблюдается интенсивный процесс прогревания почвенного профиля в горельниках степной зоны, где температура на поверхности достигает +40°C.

**Keywords:** temperature regime, sod-podzolic soil, belt pine forest, burned area, burnt forest area.

The belt pine forests of the Altai Region are a unique natural formation. They perform protective, social, raw material functions, and provide environmental safety of the steppe

part of the Region. The increased fire danger of pine stands in the belt pine forests of the Altai Region leads to the formation of burnt forest areas. Dry and very dry forest growth conditions, complex mesorelief and changeable microclimatic regime of the soils in burned areas slow down the natural and artificial reforestation processes. In burned areas, extreme temperature conditions are formed in the soil profiles on the tops of ridges. Forest fires form a certain temperature regime of sod-podzolic soils on burned areas in the belt pine forests of the Altai Region. Experimental data of sod-podzolic soil temperature were obtained on burned areas in three

natural subzones within the belt pine forests of the Altai Region: steppe zone, dry-steppe subzone - Korostelevskiy pine forest (Ozero-Kuznetsovskoye Forest District); steppe zone, arid-steppe subzone - Srostinskiy pine forest (Volchikhinskoye Forest District, Novichikhinskoye Forest District); forest-steppe zone, southern forest-steppe - Barnaulskiy pine belt forest (Barnaulskoye Forest District). In summer, there is intensive heat penetration in the soil profile in the burnt forest areas of the steppe zone where the surface temperature reaches +40°C.

**Гефке Ирина Валентиновна**, к.с.-х.н., доцент каф. геодезии, физики и инженерных сооружений, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 203-110. E-mail: ivgefke@mail.ru.

**Болотов Андрей Геннадьевич**, д.б.н., проф. каф. метеорологии и климатологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. E-mail: agbolotov@gmail.com.

**Чугузov Евгений Павлович**, аспирант, каф. геодезии, физики и инженерных сооружений, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 203-110. E-mail: chuguzov@mail.ru.

**Gefke Irina Valentinovna**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Geodesy, Physics and Engineering Structures, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 203-110. E-mail: ivgefke@mail.ru.

**Bolotov Andrey Gennadyevich**, Dr. Bio. Sci., Prof., Chair of Meteorology and Climatology, Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy. E-mail: agbolotov@gmail.com.

**Chuguzov Yevgeniy Pavlovich**, post-graduate student, Chair of Geodesy, Physics and Engineering Structures, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 203-110. E-mail: chuguzov@mail.ru.

### Введение

Ленточные боры Алтайского края являются уникальным природным образованием, не встречающимся больше нигде в мире. Выполняя прежде всего защитные, социальные, а также сырьевые функции, эти леса обеспечивают экологическую безопасность степной части края. Повышенная горимость сосновых насаждений в ленточных борах Алтайского края приводит к образованию горельников и гарей, в большинстве случаев требующих проведения мер по воспроизводству леса. Сухие и очень сухие лесорастительные условия, сложный мезорельеф, изменчивый микроклиматический режим почв на гарях замедляют естественный и искусственный лесовозобновительный процесс.

После лесного пожара происходит резкое изменение условий: освещения, температуры, водного и ветрового режима и других показателей [1-3, 5].

Солнечная радиация регулирует температурный режим не только у поверхности почвы, но в почвенном профиле в целом. Непосредственно солнечная активность оказывает влияние на растительную составляющую ритмов биосферы. Высокая корреляция между почвенными свойствами и гидротермическими параметрами может способствовать оценке биосферных явлений и анализа природопользования экосистем, в том числе после пожаров [6-11].

Экстремальные условия по температуре складываются в почвенном профиле на вершинах грив на гарях.

**Цель исследований** – определить температуру дерново-подзолистой почвы на гарях в ленточных борах.

**Задачи** – показать распределение температуры почвы на различных глубинах почвенного профиля.

### Объекты и методы исследований

Объектами исследований являются дерново-подзолистые почвы на гарях в трех природных подзонах в пределах ленточных боров Алтайского края: степная зона, сухостепная подзона – Коростелёвский бор (Озеро-Кузнецовское лесничество), степная зона, засушливостепная подзона – Сrostинский бор (Волчихинское лесничество, Новичихинское лесничество), лесостепная зона, южная лесостепь – Барнаульский ленточный бор (Барнаульское лесничество). Измерение температуры было проведено с помощью полевого измерителя температуры, основанного на технологии 1-Wire с применением датчиков DS18B20, производства фирмы «DallasSemiconductor-Maxim», США [4].

Зонды с датчиками для измерения температуры на глубине 0, 5, 10, 20 и 60 см были установлены на вершине горельника и не тронутым пожаром участке. Температура замерялась каждые

три часа. Для построения полей брали температуру, зафиксированную в 13:00 ч.

### Результаты и их обсуждение

Зона температур 10-15°C на всех рассматриваемых вариантах в летний период распространялась глубже 60 см, то есть весь почвенный профиль дерново-подзолистой почвы прогревался до активных и благоприятных в биологическом отношении температур. Кроме того, анализ температурных полей показал, что на глубине 0-10 см распределение температуры имеет вероятностный характер, следуя за температурой воздуха.

Анализируя температурные поля в Озеро-Кузнецовском лесничестве, видим, что в июле и августе на гари поверхность почвы прогревалась иногда до +40°C (рис. 1).

Температуры свыше +20°C достигают 60 см и сохраняются до конца августа. В сентябре температура на поверхности падает в ночное время и проникает вглубь почвы. Днем самые верхние слои нагреваются, но это не может существенно повлиять на термический режим подстилающих слоев. Почва на вершине контрольного участка на поверхности прогревалась в некоторые дни летнего периода до +30°C. С сентября температура почвы практически не поднималась выше +15°C

на поверхности, остывая на глубине 60 см до +11°C.

Рассматривая абсолютные значения температуры почвы на поверхности в горельнике и под лесным пологом в Волчихинском лесничестве, можно заметить, что наибольшей она оказалась на вершине увала под горелым лесом и составила чуть больше +40°C 9, 10 и 19 августа. В эти дни температура на вершине контрольного участка была 19, 20 и 20°C соответственно (рис. 2).

На рисунке 3 представлены результаты измерений температуры почвы в Новичихинском лесничестве. Так, на вершине гари поверхность почвы нагревалась в отдельные сроки наблюдений до +36°C, а на глубине 60 см – до +19,5°C. На вершине контрольного участка в летний период максимальная температура верхнего слоя почвы составила +29°C.

С наступлением осени наблюдалось постепенное снижение температуры по всему почвенному профилю как на гари, так и под естественным лесным покровом. Сентябрьские значения температуры почвы в 13:00 ч на контрольном участке оказались ниже, чем на гаях. К концу сентября температура дерново-подзолистых почв в горельнике и на поверхности и на глубине 60 см составила +12°C, а на контрольном участке по всему почвенному профилю – +10°C.

а

б

**Рис. 1. Динамика температуры почвы на поверхности и глубине 5, 10, 20 и 60 см (2018 г.) в Озеро-Кузнецовском лесничестве:  
а – гарь вершина; б – контроль вершина**

а

б

**Рис. 2. Динамика температуры почвы на поверхности и глубине 5, 10, 20 и 60 см (2018 г.) в Волчихинском лесничестве:  
а – гарь вершина; б – контроль вершина**

--

а

б

**Рис. 3. Динамика температуры почвы на поверхности и глубине 5, 10, 20 и 60 см (2018 г.) в Новичихинском лесничестве:  
а – гарь вершина; б – контроль вершина**

Значения температуры в профиле дерново-подзолистых почв на гари и контрольном участке в Барнаульском лесничестве имеют свои особенности (рис. 4). Максимальная температура в горельнике на поверхности составила +28°C в конце второй декады августа, в это же время под лесным покровом – +18,5°C. Почва контрольного участка на глубине 60 см в течение теплого пери-

ода не прогревалась выше +14,5°C, тогда как на гари значения температуры достигали +19°C.

Таким образом, лесные пожары формировали определенный температурный режим дерново-подзолистых почв на гарях в ленточных борах Алтайского края. В летний период наблюдался интенсивный процесс прогревания почвенного профиля в горельниках степной зоны, где температура на поверхности достигала +40°C.

а

б

**Рис. 4. Динамика температуры почвы на поверхности и глубине 5, 10, 20 и 60 см (2018 г.) в Барнаульском лесничестве:**

**а – гарь вершина; б – контроль вершина**

#### Библиографический список

1. Мелехов, И. С. Влияние пожаров на лес / И. С. Мелехов. – Москва; Ленинград: Гослестехиздат, 1948. – 127 с. – Текст: непосредственный.

2. Горышина, Т. К. Экология растений: учебное пособие / Т. К. Горышина. – Москва: Высшая школа, 1979. – 368 с. – Текст: непосредственный.

3. Беховых, Ю. В. Особенности теплоаккумуляции и теплообмена в дерново-подзолистых почвах на горях сухостепной зоны Алтайского края / Ю. В. Беховых, С. В. Макарычев, И. Т. Трофимов, А. Г. Болотов. – Текст: непосредственный // Антропогенное воздействие на лесные экосистемы: материалы II Международной конференции. – Барнаул, 2002.

4. Болотов, А. Г. Измерение температуры почвы с помощью технологии 1-WIRE / А. Г. Болотов. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 11. – С. 29-30.

5. Макарычев, С. В. Послепожарные изменения почв и особенности флоры гарей равнинных сосновых лесов Алтайского края / С. В. Макарычев, А. А. Малиновских, А. Г. Болотов, Ю. В. Беховых. – Текст: непосредственный // Ползуновский вестник. – 2011. – № 4-2. – С. 107-110.

6. Болотов А.Г. Гидрофизическое состояние почв юго-востока Западной Сибири: диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Болотов А. Г. – Москва: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2017. – 351 с.

7. Болотов, А. Г. Основные гидрофизические характеристики каштановых почв сухой степи Алтайского края / А. Г. Болотов, Е. В. Шеин, Е. Ю. Милановский [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 9. – С. 36-41.

8. Wieting, C., Ebel, B., Singha, K. (2017). Quantifying the effects of wildfire on changes in soil properties by surface burning of soils from the Boulder Creek Critical Zone Observatory. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 13: 43-57. 10.1016/j.ejrh.2017.07.006.

9. Woods, S., Balfour, V. (2010). The effects of soil texture and ash thickness on the post-fire hydrological response from ash-covered soils. *Journal of Hydrology*. 393: 274-286. 10.1016/j.jhydrol.2010.08.025.

10. Zavala L.M., Granged A.J.P., Jordán A., Bárcenas-Moreno G. (2010). Effect of burning temperature on water repellency and aggregate stability in forest soils under laboratory conditions. *Geoderma*. 158: 366-374.

11. Ebel, B. (2012). Impacts of Wildfire and Slope Aspect on Soil Temperature in a Mountainous Environment. *Vadose Zone Journal*. 11. 10.2136/vzj.2012.0017.

#### References

1. Melekhov, I.S. Vliyanie pozharov na les / I.S. Melekhov. – Moskva. – Leningrad: Goslestekhizdat, 1948. – 127 s.

2. Goryshina T.K. *Ekologiya rasteniy: uchebnoe posobie*. – Moskva: Vyssh. shkola, 1979. – 368 s.
3. Bekhovykh Yu.V. *Osobennosti teploakkumul'yatsii i teploobmena v dernovo-podzolistykh pochvakh na garyakh sukhostepnoy zony Altayskogo kraya* / Yu.V. Bekhovykh, S.V. Makarychev, I.T. Trofimov, A.G. Bolotov // *Materialy II Mezhd. konf. «Antropogennoe vozdeystvie na lesnye ekosistemy»*. – Barnaul, 2002.
4. Bolotov A.G. *Izmerenie temperatury pochvy s pomoshchyu tekhnologii 1-WIRE* / A.G. Bolotov // *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2012. – No. 11. – S. 29-30.
5. Makarychev S.V., Malinovskikh A.A., Bolotov A.G., Bekhovykh Yu.V. *Poslepozharnye izmeneniya pochv i osobennosti flory garey ravninnykh sosnovykh lesov Altayskogo kraya* // *Polzunovskiy vestnik*. – 2011. – No. 4-2. – S. 107-110.
6. Bolotov A.G. *Gidrofizicheskoe sostoyanie pochv yugo-vostoka Zapadnoy Sibiri: diss. ... doktora biol. nauk*. – Moskva, MGU imeni M. V. Lomonosova, 2017. – 351 s.
7. Bolotov A.G., Shein E.V., Milanovskiy E.Yu., Tyugay Z.N., Pochatkova T.N. *Osnovnye gidrofizicheskie kharakteristiki kashtanovykh pochv sukhoy stepi Altayskogo kraya* // *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2014. – No. 9. – S. 36-41.
8. Wieting, C., Ebel, B., Singha, K. (2017). Quantifying the effects of wildfire on changes in soil properties by surface burning of soils from the Boulder Creek Critical Zone Observatory. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 13: 43-57. 10.1016/j.ejrh.2017.07.006.
9. Woods, S., Balfour, V. (2010). The effects of soil texture and ash thickness on the post-fire hydrological response from ash-covered soils. *Journal of Hydrology*. 393: 274-286. 10.1016/j.jhydrol.2010.08.025.
10. Zavala L.M., Granged A.J.P., Jordán A., Bárcenas-Moreno G. (2010). Effect of burning temperature on water repellency and aggregate stability in forest soils under laboratory conditions. *Geoderma*. 158: 366-374.
11. Ebel, B. (2012). Impacts of Wildfire and Slope Aspect on Soil Temperature in a Mountainous Environment. *Vadose Zone Journal*. 11. 10.2136/vzj2012.0017.
- Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Алтайского края в рамках научного проекта № 18-44-22007 р\_а.*



УДК 630.181

Ю.В. Беховых  
Yu.V. Bekhovykh

## ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ДАВЛЕНИЯ НА ПОРОЗНОСТЬ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИОБСКОГО ПЛАТО

### THE EFFECT OF EXTERNAL PRESSURE ON THE POROSITY OF LEACHED CHERNOZEM OF THE PRIOBSKOYE PLATEAU

**Ключевые слова:** чернозём выщелоченный, плотность почвы, уплотнение почвы, влажность почвы, почвенное поровое пространство, порозность почвы.

Целью работы было исследование влияния внешнего давления на общую порозность почвы. Объектом изучения был чернозём выщелоченный Приобского плато. Исследования проводились на поле учебно-опытного хозяйства «Пригородное» Алтайского края. В качестве опытных были выбраны участки чёрного пара. Разное давление на почву создавалось воздействием фиксированного веса на специальные уплотнители почвы с различной площадью опоры. В качестве контрольного использовался участок чёрного пара, не подвергавшийся внешнему воздействию. Для создания различной влаж-

ности почвы опытный участок подвергался искусственному увлажнению. Исследование выявило, что увлажнение существенно влияет на изменение общей порозности почвы под воздействием внешнего давления. При более высоком увлажнении почвы происходит более интенсивное снижение общей порозности. Порозность почвы наиболее сильно уменьшается при первых воздействиях. С возрастанием количества внешних воздействий уменьшение порозности происходит менее интенсивно. Значение порозности почвы асимптотически уменьшается при множественном воздействии внешнего давления и стремится к предельному значению, обусловленному наличием тупиковых пор и пор, заполненных водой. Изменение величины общей порозности почвы под влиянием внешнего давления зависит от её начального значе-