

**ИЗУЧЕНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА И ГОДИЧНОГО ПРИРОСТА ПОБЕГОВ
У ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ПОРОДНОМ
ОТВАЛЕ КЕДРОВСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА**

E.Yu. Kolmogorova, O.A. Neverova

**STUDY OF WATER REGIME AND ANNUAL GROWTH OF SHOOTS IN WOODY PLANTS
GROWING ON SPOIL DUMP KEDROVSKIY COAL MINE**

Колмогорова Е.Ю. – канд. биол. наук, науч. сотр. лаб. экологического биомониторинга Института экологии человека СО РАН Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово. E-mail: kolmogorova_elena@bk.ru
Неверова О.А. – д-р биол. наук, проф. каф. зоологии и экологии Кемеровского государственного университета, г. Кемерово. E-mail: Nev11@yandex.ru

Kolmogorova E.Yu. – Cand. Biol. Sci., Staff Scientist, Lab. of Ecological Biomonitoring, Institute of Ecology of the Man, SB RAS, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, SB RAS, Kemerovo. E-mail: kolmogorova_elena@bk.ru
Neverova O.A. – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Zoology and Ecology, Kemerovo State University, Kemerovo. E-mail: Nev11@yandex.ru

*Кузнецкий бассейн является крупнейшим в России как по количеству запасов угля, так и по его добыче. В результате угледобычи происходит изменение рельефа местности, полное или частичное нарушение почвенного покрова, водного, воздушного и пищевого режима почв, что ведет к изменению биогеоценоза в целом. В связи с этим экологическая реабилитация техногенных земель становится актуальной и социально важной проблемой. Одним из критериев оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды является стабильность показателей водного режима. В работе представлены данные исследования водного режима и прироста годичного побега древесных растений, произрастающих в условиях отвала угольного разреза «Кедровский», расположенного в центральной части Кемеровской области. Объектом исследования явились деревья *Pinus sylvestris* L. и *Betula pendula* Roth., 10–15-летнего возраста. Изучались такие характеристики: годичный прирост боковых побегов; свободная, связанная и общая вода. Исследования проведены по общепринятым методикам. По результатам экспериментов установлена тенденция к снижению общей воды у сосны и березы, произрастающих в условиях отвала. Изучение фракционного состава воды показало, что у изучаемых*

видов, произрастающих в условиях отвала, отмечается повышение ее связанной формы во все сроки наблюдений в сравнении с контролем. Изменение фракционного состава воды в сторону повышения ее связанной формы у древесных растений в условиях отвала, с одной стороны, повышает устойчивость растений и способствует сохранению вида в экстремальных условиях среды, с другой стороны, приводит к замедлению роста растений, к снижению интенсивности обменных процессов. Данный факт подтверждается результатами изучения роста побегов растений. В условиях отвала, несмотря на экстремальные условия существования для растений, отмечается прирост годичного побега как у сосны обыкновенной, так и у березы повислой, однако во все сроки наблюдений он значительно меньше, чем у растений контрольного участка.

Ключевые слова: водный режим, годичный прирост побегов, породный отвал, *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth.

The Kuznetsk Basin is the largest in Russia in terms of the quantity of coal reserves and mining. In the result of coal mining there is a change of terrain, a full or partial soil disturbance, water, air and food regime of the soil, which leads to alteration of

*the ecosystem as a whole. In this regard, the ecological rehabilitation of technogenic lands becomes relevant and socially important problem. One of the criteria for evaluation of plant resistance to adverse environmental conditions is the stability of indicators of the water regime. The paper presents the results of a study of the water regime and growth of the annual escape of woody plants growing under the conditions of the dump coal mine "Kedrovsky", located in the Central part of the Kemerovo region. The object of the study was to trees *Pinus sylvestris* L. and *Betula pendula* Roth., 10–15-years of age. Studied the following characteristics: annual growth of lateral shoots; free, bound and total water. The studies were performed according to standard techniques. The results of the experiments show a trend to reduce total water pine and birch trees growing under conditions of satiety. The study of the fractional composition of water showed that the studied species growing in terms of satiety, there is an increase in its associated forms in all periods of observation in comparison with the control. The changes in fractional composition of water in the direction of increasing its connected form in woody plants under conditions of satiety, on the one hand, increases the resistance of plants and promotes the conservation of this species in extreme environment conditions, on the other hand, leads to slower plant growth, to reduce the intensity of metabolic processes. This fact is confirmed by the results of the study of growth of shoots of plants. In terms of satiety, despite the extreme living conditions for plants, marked increase in the annual escape as the Scotch pine and silver birch, however, at all-time of observations it is much less than in plants of control plot.*

Key words: *water regime, annual growth of shoots, waste rock dump, *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth.*

Введение. Интенсивное развитие угольной отрасли в Кузбассе привело к образованию обширных площадей нарушенных земель. Большое значение для оздоровления окружающей среды имеют мероприятия по лесному направлению рекультивации. При проведении биологического этапа рекультивации представляет интерес изучение биологических особенностей развития древесных растений в экстремальных экологических условиях.

Одним из критериев оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды является стабильность показателей водного режима [1–3].

Известно, что в условиях отвалов угольных разрезов отмечается дефицит влаги, что лимитирует процессы роста растений. Недостаток воды в почве и воздухе нарушает водообмен у растений. Снижение оводненности тканей изменяет состояние биокolloидов клетки, что приводит к повреждению тонкой структуры протопласта, существенным сдвигам в состоянии и деятельности всех ферментных систем и, как следствие, к нарушению обмена веществ растения. Уменьшение содержания воды в растении вызывает резкое падение интенсивности фотосинтеза, интенсивность дыхания возрастает, но нарушается сопряженность окисления и фосфорилирования, в результате чего сильно снижается энергетическая эффективность дыхания [4]. Оводненность листьев у неустойчивых видов в условиях действия техногенных нагрузок снижается [5, 6].

Вода в растительных клетках и тканях находится в двух формах: свободной и связанной. При неблагоприятных условиях внешней среды содержание связанной воды в листьях растений повышается.

Это, с одной стороны, приводит к замедлению роста растений, к снижению интенсивности обменных процессов, с другой – определяет устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды [7–11].

Цель исследования: изучение водного режима во взаимосвязи с процессами роста побегов древесных растений, произрастающих в условиях породного отвала угольного разреза «Кедровский».

Объекты и методы исследования. Исследования проведены в вегетационный период 2015 г. на территории отвала «Южный» угольного разреза Кедровский. Возраст отвала – 30 лет, в 2004 г. проведен комплекс работ по его планировке. Контрольный участок расположен на ненарушенных землях в 4 км северо-западного направления от пос. Кедровский. Объектами исследований служили сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) и береза повислая (*Betula pendula* Roth.). Возраст растений – 10–15 лет.

Выборка растений составляла 5 деревьев на каждой исследуемой площадке. Для оценки содержания общей, свободной и связанной воды хвою (второго года жизни) и листья, без видимых признаков повреждений, собирали с 5 модельных деревьев удовлетворительного жизненного состояния с каждого изучаемого участка и доставляли в лабораторию. Отбор растительных образцов проводили через каждые 10 дней. Содержание разных фракций воды в хвое и листьях определяли методом Окунцева-Маринчик [12].

Годичный прирост боковых побегов в длину измеряли каждые 10 дней с помощью линейки с точностью до 0,1 см по методике И.В. Кармановой [13].

Экспериментальные данные обработаны с помощью компьютерных программ *Excelu Statistica 6.1*.

Результаты исследования и их обсуждение. Обеспеченность растений влагой зависит

не только от содержания воды в почве, но и от способности самих растений усваивать ее. Количественное содержание влаги в ассимиляционном аппарате древесных растений, а также изменение этого показателя в течение вегетационного периода и в зависимости от условий произрастания, времени суток и других факторов позволяют объективно оценить состояние водного баланса растения в целом.

В таблице 1 представлены данные температурного режима и количества осадков в исследуемые сроки наблюдений. Данные показывают, что в июне 2015 г. наблюдалась самая низкая температура и наименьшее количество осадков – всего выпало 31 мм осадков, что составляет 46 % от нормы (в июле – 66 мм, это 92 % от нормы, а в августе – 52 мм, что составляет 84 % от нормы) (<http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=29645&month=9&year=2015>).

Таблица 1

Температура воздуха и осадки в исследуемые сроки наблюдений

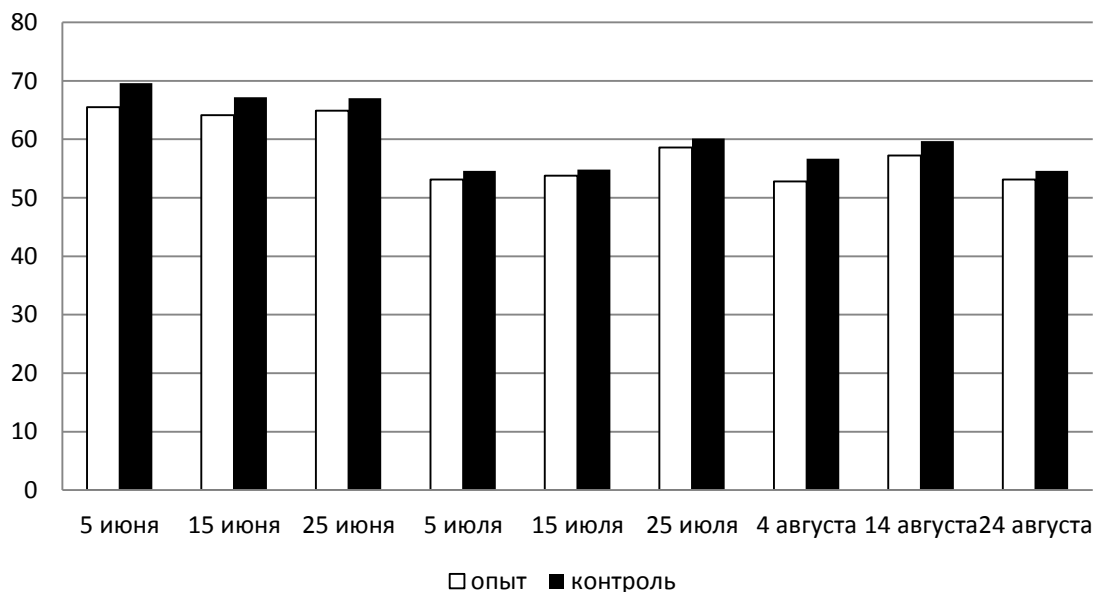
Дата	Температура, °С	Осадки, мм
5 июня	16,4	0,0
15 июня	19,9	0,0
25 июня	17,3	4,0
5 июля	18,8	6,0
15 июля	22,8	3,0
25 июля	22,7	0,0
4 августа	20,6	5,5
14 августа	14,9	4,0
24 августа	15,2	0,0

Результаты по общей оводненности листьев и хвои исследуемых древесных растений показывают, что в течение вегетации этот показатель варьирует. У березы повислой максимальная оводненность листьев как в опыте, так и в контроле отмечается в июне (5–25 июня); у сосны обыкновенной – в конце июля и августа (рис. 1). Сравнительная характеристика показывает, что у исследуемых древесных пород, в большинстве случаев, отмечается тенденция к сни-

жению общей воды у растений, произрастающих в условиях отвала, однако у березы повислой эта тенденция менее выражена (изменения в пределах ошибки).

У сосны обыкновенной максимальное снижение общей воды у опытных растений отмечается 5, 15 июня и 14 августа – ниже контрольных значений на 13,6; 9,5 и 12,4 % соответственно (см. рис. 1).

Береза повислая



Сосна обыкновенная

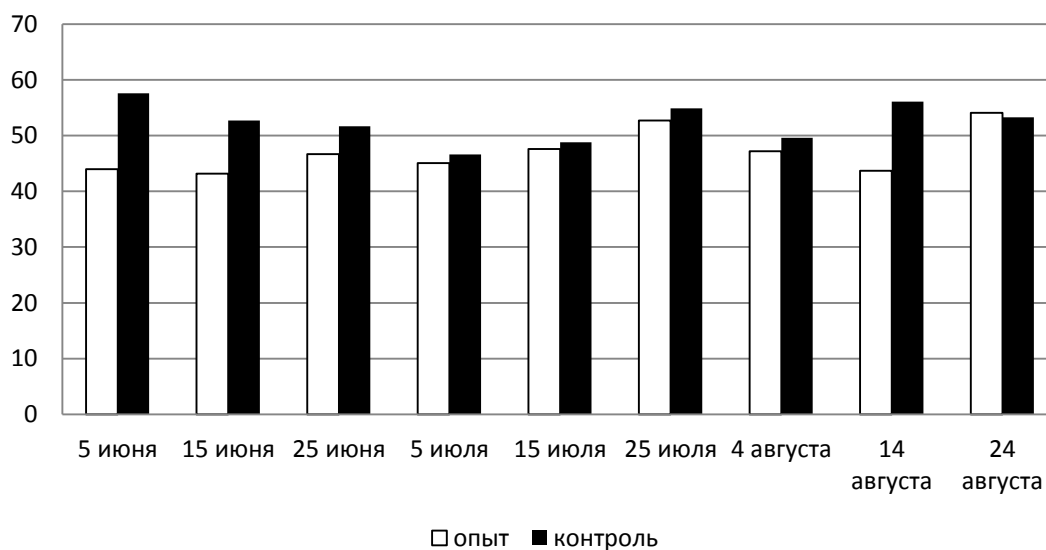


Рис. 1. Содержание общей воды в листьях изучаемых растений

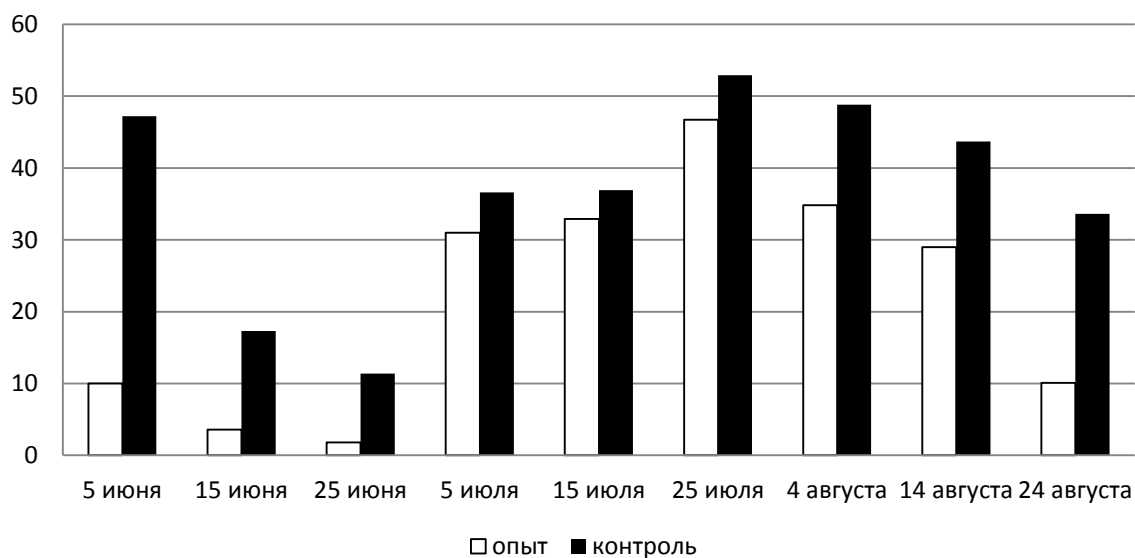
Изучение фракционного состава воды в листьях березы и хвое сосны показало, что максимальное содержание свободной воды как у опытных, так и у контрольных растений отмечалось с июля до середины августа. Это объясняется тем, что июль и август были достаточно влажными.

Сравнительный анализ результатов исследований показывает, что у опытных рас-

тений сосны и березы отмечается снижение свободной воды во все сроки наблюдений в сравнении с контролем.

Минимальное содержание свободной воды как у сосны, так и у березы в условиях отвала наблюдалось 5 июня и 24 августа – ниже контроля на 19,2 и 16,5 % у березы и 37,2 и 23,5 % у сосны соответственно (рис. 2).

Береза повислая



Сосна обыкновенная

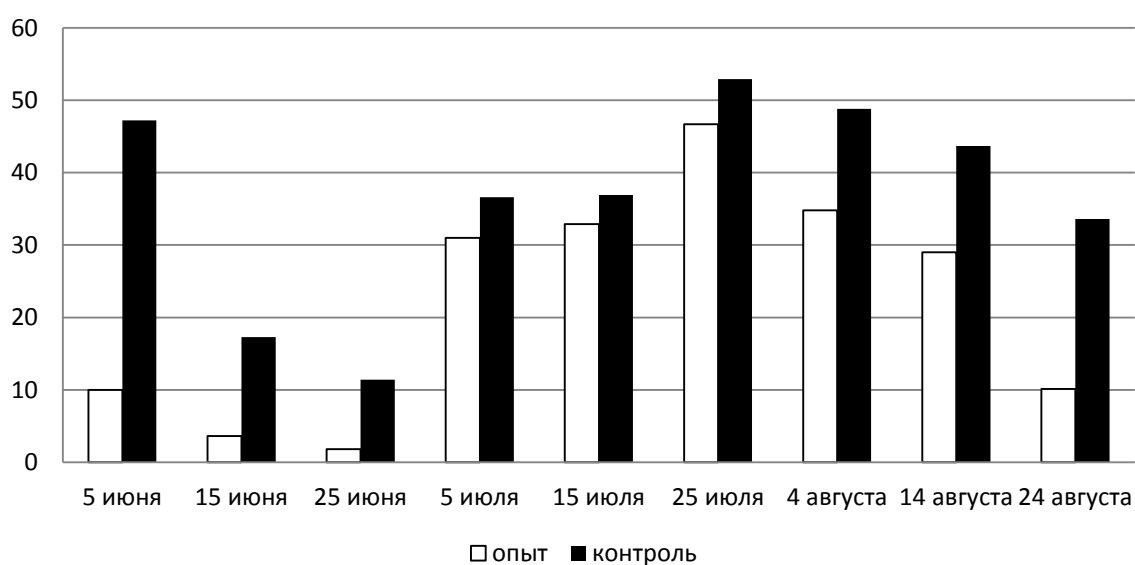


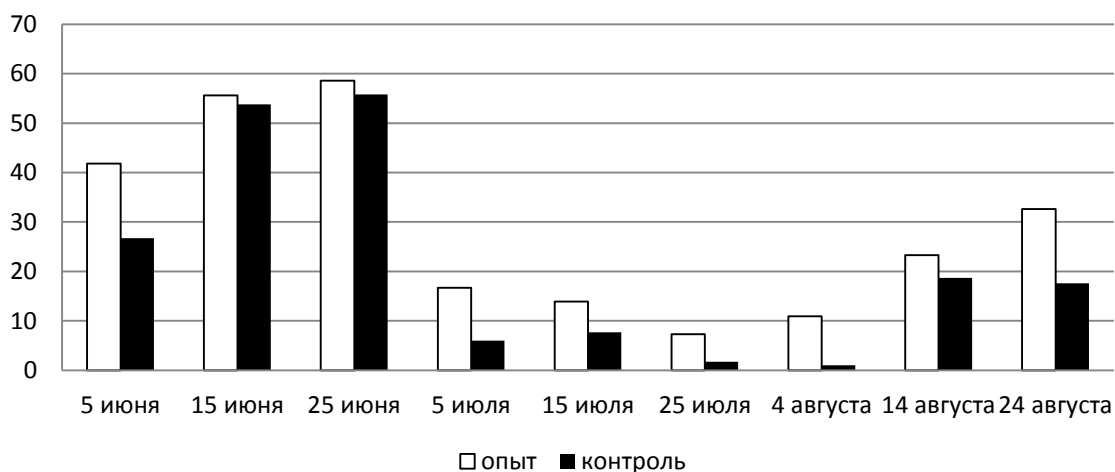
Рис. 2. Содержание свободной воды в листьях изучаемых растений

Изменение количества связанной воды как у опытных, так и у контрольных растений имеет сходную тенденцию – максимальное ее количество отмечается 15, 25 июня и 14, 24 августа (рис. 3).

Сравнительный анализ результатов исследований показывает, что у сосны и березы, произрастающих в условиях отвала, отмечается

повышение связанной воды во все сроки наблюдений в сравнении с контролем. Максимальные отличия данного показателя от контрольных значений у обоих древесных пород отмечаются 5 июня и 24 августа: количество связанной воды у березы повышается на 15,1 и 15 %, у сосны – на 23,6 и 24,3 % соответственно (рис. 3).

Береза повислая



Сосна обыкновенная

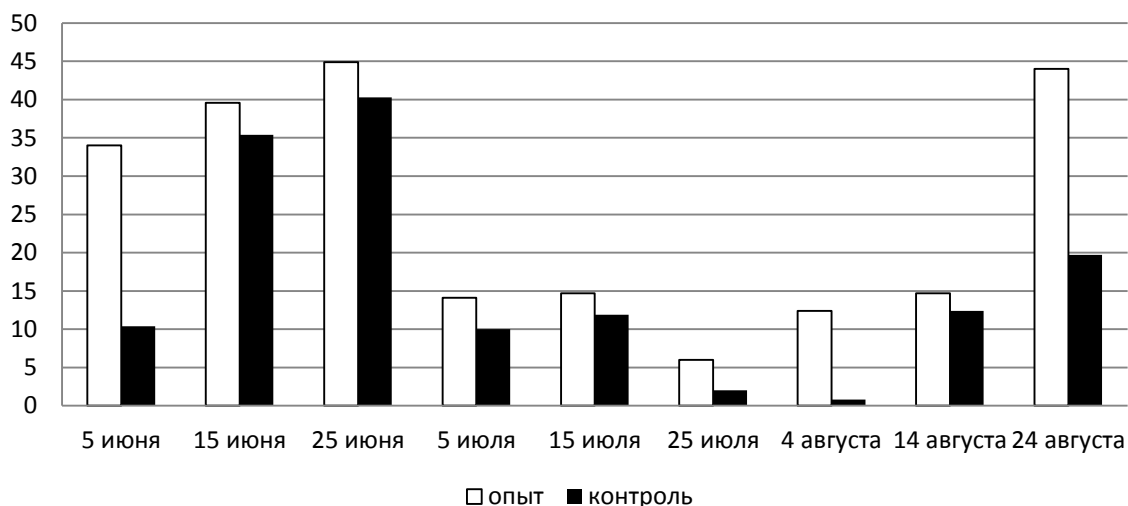


Рис. 3. Содержание связанной воды в листьях изучаемых растений

Изменение фракционного состава воды в сторону повышения ее связанной формы у древесных растений в условиях отвала можно рассматривать как приспособительную реакцию растений к дефициту влаги в условиях отвала и повышению их устойчивости.

Анализ годичного прироста боковых побегов изучаемых видов показал, что их интенсивный прирост отмечается в начале вегетации, а к первой декаде июля рост побегов прекращается. В условиях отвала, несмотря на экстремальные условия существования для растений, отмечается прирост годичного побега как у сосны,

так и у березы, однако во все сроки наблюдений он значительно меньше, чем у растений контрольного участка (табл. 2).

Наибольшие отличия в приросте боковых побегов у обеих исследуемых пород отмечаются в один и тот же срок – 5 июня: у сосны – на 41,4 % ниже, чем в контроле, у березы – на 35,1 % (табл. 2). В последующие сроки наблюдений (с 15 июня по 5 июля) у березы повислой, произрастающей в условиях отвала, различия с контролем менее выражены и лежат в пределах 17–12 % (у сосны – в пределах 40–28 %).

**Годичный прирост боковых побегов древесных растений,
произрастающих на породном отвале Кедровского угольного разреза, см**

Площадка	Дата			
	05.06	15.06	25.06	05.07
Сосна обыкновенная				
Отвал	4,11±0,10	5,42±0,17	7,86±0,18	7,86±0,18
Контроль	7,01±0,10	9,09±0,18	10,92±0,19	10,92±0,19
Береза повислая				
Отвал	5,69±0,13	8,92±0,27	10,83±0,26	10,83±0,26
Контроль	8,77±0,68	10,79±0,26	12,38±0,27	12,38±0,27

Выводы. По результатам экспериментов установлена тенденция к снижению общей воды у *Pinus sylvestris* L. и *Betula pendula* Roth., произрастающих в условиях отвала. Изучение фракционного состава воды показало, что у *Pinus sylvestris* L. и *Betula pendula* Roth., произрастающих в условиях отвала, отмечается повышение ее связанной формы во все сроки наблюдений в сравнении с контролем. Максимальные отличия данного показателя от контрольных значений у обеих древесных пород отмечаются 5 июня и 24 августа.

Изменение фракционного состава воды в сторону повышения ее связанной формы у древесных растений в условиях отвала, с одной стороны, повышает устойчивость растений и способствует сохранению вида в экстремальных условиях среды, с другой стороны, приводит к замедлению роста растений, к снижению интенсивности обменных процессов. Данный факт подтверждается результатами изучения роста побегов растений. В условиях отвала, несмотря на экстремальные условия существования для растений, отмечается прирост годичного побега как у *Pinus sylvestris* L., так и у *Betula pendula* Roth., однако во все сроки наблюдений он значительно меньше, чем у растений контрольного участка.

Литература

1. Илькун Г.М. Газоустойчивость растений. – Киев: Наукова думка, 1971. – 146 с.
2. Кизеев А.Н. Изменения морфологических и физиолого-биохимических показателей хвои сосны обыкновенной в условиях аэротехногенного загрязнения // Молодой ученый. – 2011. – № 3. – Т. 1. – С. 120–128.
3. Григоренко А.В. Физиологические и морфологические показатели хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях аэротехногенного загрязнения // Вестн. КрасГАУ. – 2015. – № 4. – С. 15–50.
4. Физиология растений. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: конспект лекций / В.М. Гольд, Н.А. Гаевский, Т.И. Голованова [и др.]. – Электрон. дан. (2 Мб). – Красноярск: Изд-во СФУ, 2008.
5. Лузанов В.Г. Деградация лесов Кузбасса. История, причины, масштабы // ЭКО-бюллетень ИнЭКА. – 2002. – № 7–10. – С. 12–15.
6. Колмогорова Е.Ю. Особенности водного режима древесных растений, произрастающих в условиях породного отвала Кедровского угольного разреза // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов: мат-лы IV Междунар. конф. (Кемерово, 1–2 октября 2015 г.). – Кемерово, 2015. – С. 90–92
7. Галашева А.М., Красова Н.Г., Янчук Т.В. Фракционный состав воды в листьях у сортов яблони (*Malus Mill*) // Сортовивчення та охорона прав на сортирослин // Науково-практ. журнал. – 2013. – № 1 (18). – С. 18–21.
8. Григоренко И.В. Характеристика водного режима представителей семейства магнолиевых в условиях юго-востока Украины // Вісник Запорізького державного університету. – 1999. – № 2. – С. 1–5.
9. Долгова Л.Г. Формы воды в растениях – показатели экологического состояния среды // Вопросы биоиндикации и экологии:

- межвед. сб. науч. тр. – Запорожье, 1997. – Вып. 2. – С. 115–120.
10. Жидехина Т.В. Водоудерживающая способность однолетних приростов у смородины черной в осенне-зимний период // Проблемы агроэкологии и адаптивность сортов в современном садоводстве России: мат-лы Всерос. науч. метод. конф. (1–4 июля 2008 г.). – Орел: Изд-во ВНИИСПК, 2008. – С. 81–86.
11. Фауст М. Физиология плодовых деревьев умеренной зоны / пер. с англ. Ю.Л. Кудасова. – JOHNWILEY&SONS. – Нью-Йорк / Чичестер / Брисбейн / Торонто / Сингапур, 1989. – 289 с.
12. Воскресенская О.Л., Грошева Н.П., Скочилова Е.А. Физиология растений: учеб. пособие // Мар. гос. ун-т. – Йошкар-Ола, 2008. – 148 с.
13. Карманова И.В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений. – М.: Наука, 1976. – 221 с.
5. Luzanov V.G. Degradacija lesov Kuzbassa. Istorija, prichiny, masshtaby // JeKO-bjulleten' InJekA. – 2002. – № 7–10. – С. 12–15.
6. Kolmogorova E.Ju. Osobennosti vodnogo rezhima drevesnyh rastenij, proizrastajushih v uslovijah porodnogo otvala Kedrovskogo ugol'nogo razreza // Problemy promyshlennoj botaniki industrial'no razvityh regionov: mat-ly IV Mezhdunar. konf. (Kemerovo, 1–2 oktjabrja 2015 g.). – Kemerovo, 2015. – С. 90–92
7. Galasheva A.M., Krasova N.G., Janchuk T.V. Frakcionnyj sostav vody v list'jah u sortov jabloni (Malus Mill) // Sortovivchennja ta ohorona prav na sortiroslin // Naukovo-prakt. zhurnal. – 2013. – № 1 (18). – С. 18–21.
8. Grigorenko I.V. Harakteristika vodnogo rezhima predstavitelej semejstva magnolievyh v uslovijah jugo-vostoka Ukrainy // Visnik Zaporiz'kogo derzhavnogo universiteta. – 1999. – № 2. – С. 1–5.
9. Dolgova L.G. Formy vody v rastenijah – pokazateli jekologicheskogo sostojanija sredy // Voprosy bioindikacii i jekologii: mezhd. sb. nauch. tr. – Zaporozh'e, 1997. – Vyp. 2. – С. 115–120.

Literatura

1. Il'kun G.M. Gazoustojchivost' rastenij. – Kiev: Naukova dumka, 1971. – 146 s.
2. Kizeev A.N. Izmenenija morfologicheskikh i fiziologo-biohimicheskikh pokazatelej hvoi sosny obyknovennoj v uslovijah ajerrotehnogenogo zagrjaznenija // Molodoj uchenyj. – 2011. – № 3. – Т. 1. – С. 120–128.
3. Grigorenko A.V. Fiziologicheskie i morfologicheskie pokazateli hvoi sosny obyknovennoj (*Pinus sylvestris* L.) v uslovijah ajerrotehnogenogo zagrjaznenija // Vestn. KrasGAU. – 2015. – № 4. – С. 15–50.
4. Физиология растений. Versija 1.0 [Elektronnyj resurs]: konspekt lekcij / V.M. Gol'd, N.A. Gaevskij, T.I. Golovanova [i dr.]. – Elektron. dan. (2 Mb). – Krasnojarsk: Izd-vo SFU, 2008.
10. Zhidehina T.V. Vodouderzhivajushhaja sposobnost' odnoletnih prirostov u smorodiny chernoj v osenne-zimnij period // Problemy agrojekologii i adaptivnost' sortov v sovremenom sadovodstve Rossii: mat-ly Vseros. nauch. metod. konf. (1–4 ijulja 2008 g.). – Орел: Izd-vo VNIISPK, 2008. – С. 81–86.
11. Faust M. Fiziologija plodovyh derev'ev ume-rennoj zony / per. s angl. Ju.L. Kudasova. – JOHNWILEY&SONS. – N'ju-Jork/ Chichester / Brisbejn /Toronto /Singapur, 1989. – 289 s.
12. Voskresenskaja O.L., Grosheva N.P., Skochilova E.A. Fiziologija rastenij: ucheb. posobie // Mar. gos. un-t. – Joshkar-Ola, 2008. – 148 s.
13. Karmanova I.V. Matematicheskie metody izuchenija rosta i produktivnosti rastenij. – М.: Nauka, 1976. – 221 s.