

УДК 58.036.5

ОЦЕНКА МОРОЗОСТОЙКОСТИ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.) ПОСЛЕ УДАЛЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В РАННЕВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

© Чадин И.Ф.*, Далькэ И.В., Малышев Р.В.

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар, 167982;
e-mail: * chadin@ib.komisc.ru

Поступила в редакцию 13.07.2018

Для европейской части России высокую актуальность сохраняет необходимость разработки экологически безопасных и экономически эффективных методов борьбы с нежелательными зарослями инвазионного вида борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.). В настоящей работе представлены результаты эксперимента по влиянию уборки снежного покрова на участках, занятых зарослями *H. sosnowskyi* в ранневесенний период (начало марта 2018 г.) в окрестностях г. Сыктывкара (Республика Коми). В период после снятия снежного покрова, достигавшего высоты 100 см, сумма отрицательных температур воздуха, измеренная в 6.00 ч составила -448°C , при минимуме -29.0°C . В результате эксперимента было показано статистически значимое снижение численности растений *H. sosnowskyi* всех возрастных групп на экспериментальных учётных площадках. При этом на опытных участках практически полностью отсутствовали всходы изучаемого вида. Большая часть выживших растений старших возрастных групп находилась вдоль сторон и в углах учётных площадок, что может быть объяснено более высокой температурой почвы на их границе с нетронутым снежным покровом. Результаты данного эксперимента могут служить основой для разработки технологии контроля численности растений *H. sosnowskyi* с помощью удаления снежного покрова. В подходящих по климатическим условиям регионах такой метод ликвидации зарослей этого инвазионного вида может быть востребован на территориях детских садов, школ, медицинских учреждений, водоохраных зон, где использование химических способов борьбы с растениями ограничено или запрещено. Полученный в результате наблюдений за растениями *H. sosnowskyi* набор данных доступен в репозитории Zenodo.

Ключевые слова: *Heracleum sosnowskyi*, инвазия, морозоустойчивость, снежный покров, ликвидация зарослей.

Введение

В настоящее время для борьбы с вторжениями чужеродных видов растений применяют механические, термические, химические методы [Invasive alien species..., 2001; Invasive species management..., 2009; Saunders et al., 2010]. В последнее десятилетие в России значительное внимание уделяется распространению и ликвидации нежелательных зарослей инвазионного вида борщевика Сосновского – *Heracleum sosnowskyi* Manden. В середине XX в. *H. sosnowskyi* вместе с другими видами рода борщевиков широко культивировали на территории СССР, ряда стран Восточной Европы в

качестве кормовой культуры [Сацыперова, 1984; Nielsen et al., 2005; Pyšek et al., 2012; Pergl et al., 2016; Озерова и др., 2017]. Одичание *H. sosnowskyi* на территории европейской части России началось в 1980-х гг., в Сибири первые находки вида вне агроценозов отмечены в 2005 г. [Эбель и др., 2018]. В настоящее время растения вида обнаружены в 54 субъектах и городах РФ [Панасенко, 2017; Chadin et al., 2017; Озерова, Кривошеина, 2018; Vinogradova et al., 2018].

Гигантские борщевики характеризуются высоким уровнем социально-экономического влияния и воздействия на окружающую среду

[Nielsen et al., 2005; Dergunova et al., 2012; Pergl et al., 2016; Rajmis et al., 2016]. У человека эти растения могут вызвать дерматиты и ожоги [Karimian-Teherani et al., 2007, Jakubowicz et al., 2012]. В субъектах Российской Федерации приняты Программы по борьбе с нежелательными зарослями вида [О государственной поддержке..., 2016; О государственной поддержке..., 2017; Об областном бюджете Ленинградской области..., 2017]. Начиная с 2011 г. затраты на картографирование и ликвидацию *H. sosnowskyi* в России составили около 314 млн руб. [Далькэ и др., 2018].

Актуальными остаются вопросы о методах борьбы и эффективности мероприятий по уничтожению *H. sosnowskyi* на территориях населённых пунктов [Далькэ и др., 2018]. Согласно данным литературы, предложено не менее восьми групп методов борьбы с зарослями гигантских борщевиков: вспашка (дискование) почвы, ручная прополка (выкопка растений), кошение, срезание (изоляция) соцветий, мульчирование (использование укрывных материалов), применение гербицидов, воздействие СВЧ-излучения, поправа скотом [Nielsen et al., 2005; Ecology and Management..., 2007; Малышев, 2014]. Наиболее действенными являются многократное дискование и посев замещающих культур, химическая обработка и применение укрывных материалов [Далькэ, Чадин, 2008, 2010]. В России для борьбы с борщевиком в границах населённых пунктов чаще всего используют кошение зарослей, вспашку почвы и обработку растений гербицидами [Далькэ и др., 2018]. Однако ликвидировать его исключительно скашиванием практически невозможно [Dalke et al., 2015]. Механические методы борьбы требуют значительных ресурсов, высокой организации труда и тщательного контроля [Ecology and Management..., 2007], биологические способы контроля пока не разработаны [Резник и др., 2008]. Наиболее эффективные методы ликвидации растений *H. sosnowskyi* на больших площадях предусматривают применение гербицидов [Sampson, 1994; Caffrey, 2001; Nielsen et al., 2005; Ecology and Management..., 2007; Якимович и др., 2013]. Химическое воздей-

ствие рассматривают как первый шаг в реализации стратегии ликвидации растений с высоким потенциалом восстановления ценопопуляции, в том числе и *H. sosnowskyi* [Ecology and Management..., 2007]. Учитывая ограничения использования пестицидов и агрохимикатов в черте населённых пунктов, в водоохраных зонах, на особо охраняемых природных территориях [Гигиенические требования..., 2016] остаётся актуальной потребность в разработке и внедрении безопасных и эффективных методов управления нежелательной растительностью.

В условиях сезонного климата одним из значимых факторов, влияющих на выживание растений в зимний период, является тепловой режим почвы. Изменяя высоту снежного покрова, возможно оказывать влияние на этот режим. Несмотря на высокую эффективность использования ресурсов среды и устойчивость растений *H. sosnowskyi* к неблагоприятным условиям в период вегетации [Dalke et al., 2015; Веселкин и др., 2017], задокументирована их гибель после выхода из состояния покоя в бесснежный период [Александрова, 1971] или после жестких условий предзимья [Хантимер, 1974]. В связи с этим нами была выдвинута гипотеза о возможности уничтожения зарослей растения путём изменения теплового режима почвы в холодный период года.

Целью нашей работы было изучить влияние уборки снежного покрова на состояние и численность растений *H. sosnowskyi*. В случае, если снижение температуры почвы в результате уборки снега вызовет гибель растений, то это позволит разработать безопасный и доступный приём регуляции численности вида на территориях, где применение химических методов борьбы запрещено.

Методика

Исследования проводили с 5 марта по 10 июня 2018 г. в подзоне средней тайги в окрестностях г. Сыктывкара. В типичных местообитаниях *H. sosnowskyi* вдоль автодороги заложили экспериментальные учётные площадки (рис. 1). При выборе места закладки опыта

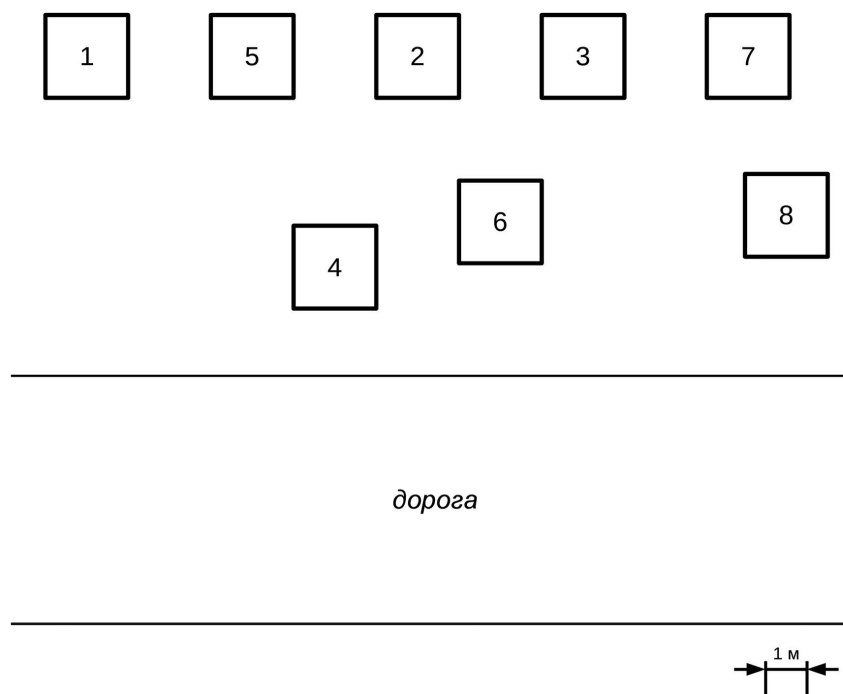


Рис. 1. Схема расположения опытных (№№ 1–4 – снег был убран) и контрольных (№№ 5–8 – снег не убрали) учётных площадок в зарослях растений *Heracleum sosnowskyi* (координаты зарослей 61.646944° с. ш, 50.757277° в. д.).

ориентировались на медианную плотность генеративных побегов, характерную для моновидовых зарослей этого вида – 1 шт. / м² [Dalke et al., 2015]. Количество генеративных растений *H. sosnowskyi* прошлого года определяли по сохранившимся сухим генеративным побегам и их следам в почве.

В первую группу вошли учётные площадки, на которых снежный покров убирали вручную с помощью лопат до поверхности земли (опыт, n=4), на учётных площадках второй группы снежный покров не убирали (контроль, n=4). Учётные площадки очищали от выпавшего снега в течение одного-двух дней с момента выпадения осадков.

Размеры учётных площадок при закладке опыта были определены примерно 2 × 2 м. Для точного определения их площади после таяния снега проводили измерения длин всех сторон и диагоналей четырёхугольника с точностью до 1 см. Расчёт площади учётных площадок (S) проводили по формуле:

$$16S^2 = 4d_1^2 d_2^2 - (b^2 + d^2 - a^2 - c^2)^2 ;$$

где: a, b, c, d – стороны, d₁, d₂ – диагонали учётной площадки.

Проростки и растения *H. sosnowskyi* быстро отрастают после схода снежного покрова и хорошо отличаются от других видов по форме и размерам листьев. Подсчёт количества исследуемых растений разного возрастного состояния проводили трижды в процессе их роста (12 мая, 25 мая и 10 июня). Возрастное состояние особей оценивали по степени расчленённости листовой пластинки [Сацыперова, 1984]. Учитывали количество растений первого года жизни (всходы и проростки) и старше одного года. Количество всходов и проростков определяли в серии из 10–11 выборочных измерений равномерно вдоль диагоналей учётной площадки с помощью рамки площадью 0.028 м². Данные о плотности растений борщевика пересчитывали в шт. / м².

Проективное покрытие растений *H. sosnowskyi* определяли по фотоснимкам при помощи программного комплекса для обработки изображений ImageJ [Конюхов, 2012; Schneider et al., 2012]. Фотоснимки делали с помощью фотоаппарата Canon PowerShot A480, поднятого на высоту около 4 м при помощи телескопического рыболовного удилища, при этом оп-

тическая ось объектива фотоаппарата была ориентирована в нади́р при помощи подвеса типа «Picavet suspension» [Verhoeven et al., 2009].

Функциональное состояние почек, расположенных на подземной части побегов взрослых вегетативных растений, в конце вегетационного периода оценивали по интенсивности дыхания и содержанию в них воды. Особи борщевика Сосновского выкапывали и переносили в лабораторию. На подземной части побега находили и отрезали апикальные почки возобновления. Для измерений использовали совокупные пробы из нескольких почек. Масса одного образца свежих почек составляла около 1.5 г. Образцы почек помещали в термостатируемую камеру. Измерение дыхания проводили в диапазоне температуры от 4 до 47 °С по выделению CO₂ с помощью инфракрасного газоанализатора LI-7000 (США), подключённого по дифференциальной схеме [Сивков, Назаров, 1990]. Для определения содержания сухого вещества образцы высушивали до постоянной массы в термостате при температуре 105 °С и взвешивали на аналитических весах.

Метеорологические данные (температура воздуха, высота снежного покрова, сумма осадков) были получены на сайте «Расписание погоды» [2018] и на сайте «Автоматизированная информационная система обработки режимной информации (АИСОРИ)» [2018] для метеостанции г. Сыктывкара (синоптический индекс 23804).

Для анализа данных использовали описательную статистику. Значения показателя «количество растений» отличались от нормального распределения (критерий Шапиро-Уилки). Поэтому для описания выборки вместе со средними значениями использовали медиану, размах, минимальное и максимальное значение. Контроль и опыт сравнивали с помощью непараметрического теста – критерия Краскела-Уоллиса. Статистические расчёты выполняли в среде R [R Core Team, 2017]. После знака «±» указана стандартная ошибка среднего. Набор данных, полученный в результате проведения наблюдений за *H. sosnowskyi*, и про-

граммный код с вычислениями на языке R доступен в репозитории Zenodo [Chadin et al., 2018].

Результаты

Высота снежного покрова в начале марта 2018 г. варьировала от 60 до 100 см и в среднем составляла 80 см. Во время закладки опыта (5 марта 2018 г.) снежный покров с опытных учётных площадок был убран полностью. После выпадений новых осадков опытные учётные площадки очищали от снега.

Динамика температуры воздуха, количества осадков и высоты снежного покрова представлены на рис. 2. В течение марта выпало около 50 мм осадков и высота снежного покрова составляла не менее 70 см. Во второй декаде марта (10, 11, 18 и 22 марта) наблюдали суточные перепады утренних температур от –5 до –30 °С. В апреле, с повышением температуры воздуха до положительных значений, высота снежного покрова не превышала 10–15 см. В мае средняя температура воздуха составляла около 6 °С, снег полностью стаял и около 80 мм осадков выпали преимущественно в виде дождя. Утренние заморозки с понижением температуры воздуха до –0.7 °С наблюдали в начале и в конце мая.

Медианное значение генеративных растений прошлого года в зарослях *H. sosnowskyi* составляло около 0.9 шт. / м² и было одинаковым на контрольных и опытных учётных площадках. Согласно критерию Краскела-Уоллиса, плотность растений старше одного года на опытных учётных площадках было значимо меньше (p-value = 0.02), чем на контрольных учётных площадках в разные сроки наблюдения (рис. 3, таблица).

На опытных учётных площадках (рис. 4, таблица) наблюдали малое количество растений первого года жизни – проростков (медиана 0, среднее значение 36). На контрольных учётных площадках число проростков было существенно выше (медиана = 321, среднее = 331). Значимость различий между контролем и опытом подтверждается критерием Краскела-Уоллиса (p-value << 0.001).

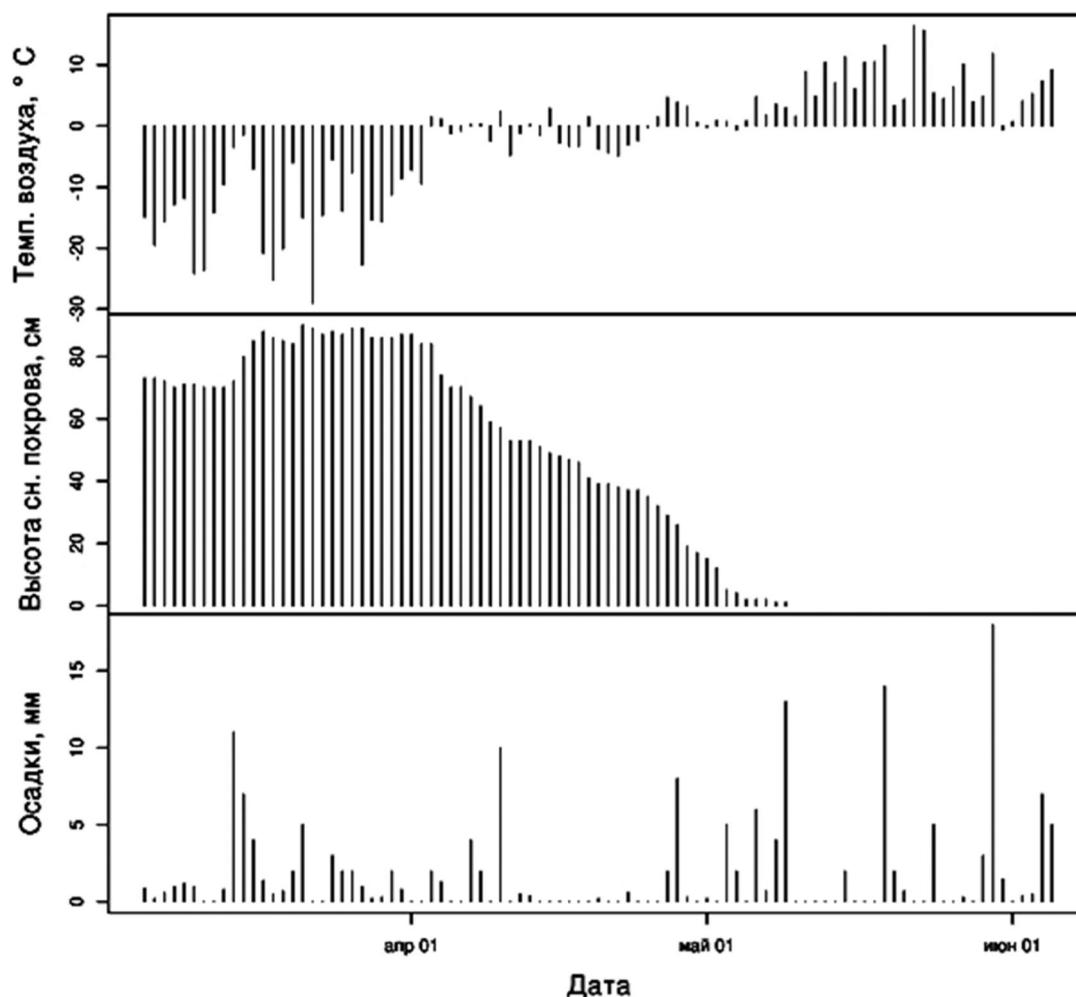


Рис. 2. Температура воздуха в 6 ч утра (верхняя панель), высота снежного покрова (средняя панель), суммарная сумма садков (нижняя панель) в период наблюдений за растениями *Heracleum sosnowskyi* (05.03.2018 – 05.06.2018).

Таблица. Результаты воздействия низких температур в период покоя растений на популяционные показатели растений *Heracleum sosnowskyi* (10.06.2018)

Показатель	Контроль	Опыт	p*
Плотность растений старше одного года (медиана), шт. / м ²	3.3	1.8	0.02
Плотность растений первого года жизни (медиана), шт. / м ²	321.0	0.0	4.79 · 10 ⁻¹²
Высота растений старше одного года (медиана), см	50	22	1.68 · 10 ⁻⁵
Проективное покрытие, %	64	15	0.02

Примечание: * – значение p-value по результатам теста Краскела-Уоллиса.

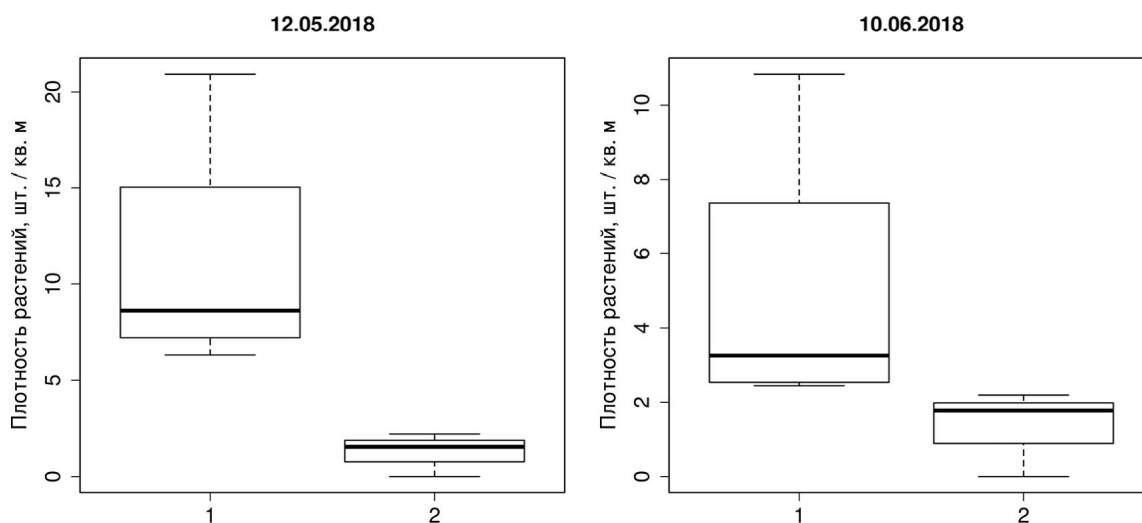


Рис. 3. Плотность растений *Heracleum sosnowskyi* (шт. / м²) старше одного года на контрольных (1) и опытных (2) учётных площадках в разные сроки наблюдений. Для построения графика типа «ящик с усами» использована функция `boxplot` программной среды R. Границами ящика служат первый и третий квартили, линия в середине ящика – медиана. Концы усов – максимум и минимум выборки.

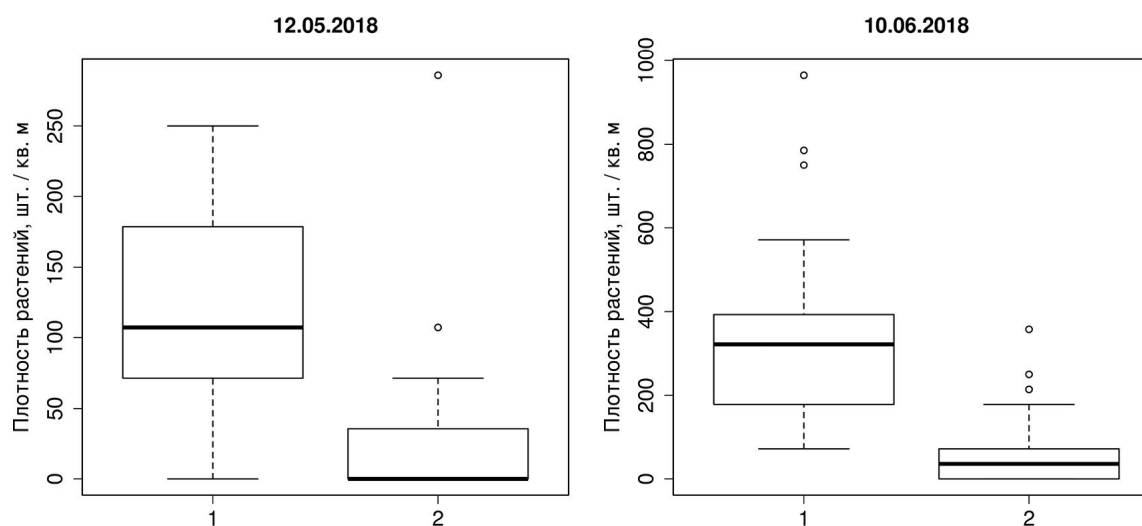


Рис. 4. Плотность растений *Heracleum sosnowskyi* (шт. / м²) первого года жизни на контрольных (1) и опытных (2) учётных площадках. Для построения графика типа «ящик с усами» использована функция `boxplot` программной среды R. Границами ящика служат первый и третий квартили, линия в середине ящика – медиана. Концы усов – максимум и минимум выборки, без учёта выбросов. Значения выбросов указаны кружками.

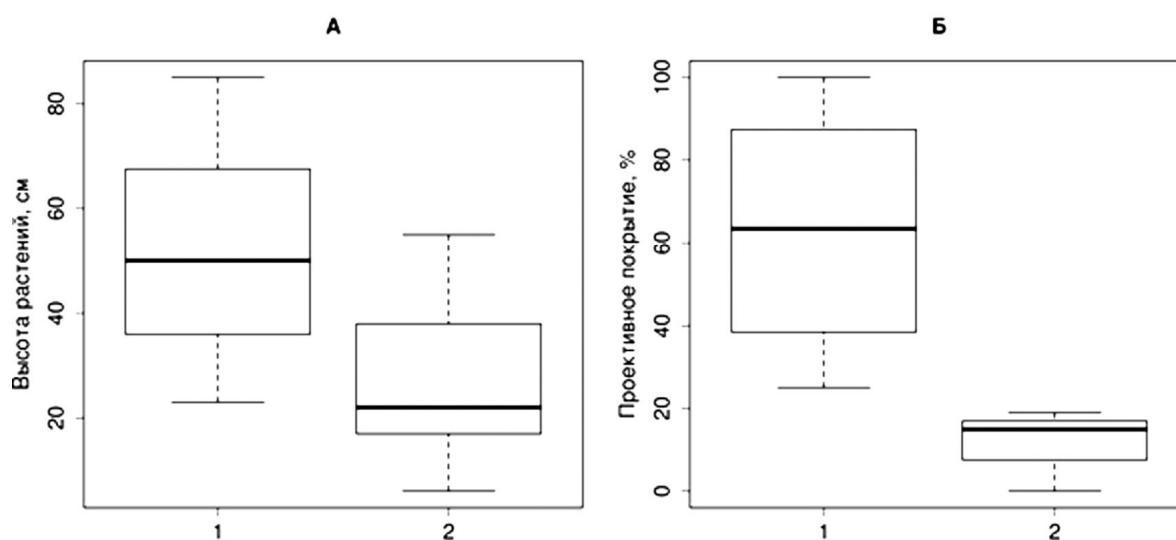


Рис 5. Высота растений *Heracleum sosnowskyi* старше одного года (А) и проективное покрытие (Б) на контрольных (1) и опытных (2) учётных площадках (10.06.2018). Для построения графика типа «ящик с усами» использована функция *boxplot* программной среды R. Границами ящика служат первый и третий квартили, линия в середине ящика – медиана. Концы усов – максимум и минимум выборки.

В начале июня наблюдали значимое снижение проективного покрытия (медианы 64% и 15% для контроля и опыта, соответственно, p -value = 0.02) и высоты растений старше одного года жизни (медианы 50 см и 22 см, p -value \ll 0.001) на опытных учётных площадках по сравнению с контролем (рис. 5, таблица).

После гибели растений *H. sosnowskyi* на опытных учётных площадках наблюдали отращивание пырея (*Elytrigia repens* (L.) Nevski.), иван-чая (*Chamerion angustifolium* ssp. *angustifolium* (L.) Holub), крапивы (*Urtica dioica* L.), которые занимали свободную от борщевика территорию.

Для оценки механизмов, обеспечивающих морозостойкость зимующих частей растений *H. sosnowskyi* измеряли содержание воды и интенсивность дыхания в апикальных почках, расположенных на подземной части побега. В октябре апикальные почки взрослых вегетативных растений содержали $85.1 \pm 0.5\%$ воды или в пересчёте 5.8 ± 0.3 мг H_2O / мг сухой массы тканей. Интенсивность дыхания почек при температуре около $5^\circ C$ составляла 1.5 мг CO_2 / г сухой массы в час.

Обсуждение результатов

Согласно полученным данным о количестве генеративных растений, особей старше одного года и проростков на контрольных участках, ценопопуляция, где были заложены экспериментальные учётные площадки, была близка к типичным моновидовым зарослям *H. sosnowskyi* в подзоне средней тайги [Dalke et al., 2015].

Известно, что высота снежного покрова существенно влияет на температуру почвы, особенно в верхних слоях, где расположены почки возобновления многолетних растений. При снижении температуры воздуха до $-20^\circ C$ и высоте снежного покрова до 10 см зимующие растения часто вымерзают. Разность между температурой почвы на уровне узла кущения злаковых и минимальной температурой воздуха в этом случае составляет около $9^\circ C$. Снежный покров толщиной 40 см хорошо изолирует холод, а при его высоте более 75 см колебания температуры почвы почти полностью затухают. Благодаря хорошему снежному укрытию средний минимум температуры почвы на глубине 3–5 см в течение зимы находится в

пределах от -4 до -8 °C [Агроклиматические..., 1973].

Биологической особенностью *H. sosnowskyi* является устойчивость растений в течение вегетации к низким температурам и хорошая зимостойкость. Тем не менее, необходимым условием перезимовки и сохранения ценопопуляции является наличие снежного покрова. Снег предотвращает вымерзание растений и обеспечивает условия для стратификации семян [Скупченко, 1989]. В таёжной зоне под снегом уже в апреле можно обнаружить проростки [Семена борщевика..., 2013]. Массовые всходы появляются сразу после схода снега. Терминальные и пазушные почки возобновления расположены на стеблекорне, погружены в почву на глубину 10–15 см и хорошо защищены от механических повреждений [Сацыперова, 1984; Dalke et al., 2015]. В благоприятных климатических условиях растения *H. sosnowskyi* продолжают вегетировать до глубокой осени. В течение вегетации меристемы почек характеризуются эффективным запасанием энергии на рост и хорошо адаптированы к изменению температуры в широком диапазоне [Маслова и др., 2018].

Измерение дыхательной активности почек возобновления борщевика показало, что поздней осенью и зимой они переходят в состояние вынужденного покоя и трогаются в рост сразу при наступлении благоприятных условий. В конце вегетации (октябрь) после переноса взрослых растений в оптимальные для роста условия наблюдали генерацию новых побегов, цветение и плодоношение [Dalke et al., 2018]. В литературе описаны случаи роста борщевиков зимой. Исключительные условия потепления до $+2.5$ °C в декабре 1965 г. спровоцировали ростовые процессы этих растений. Последовавшее затем резкое понижение температуры при отсутствии стаявшего снежного покрова привело к гибели 89% растений борщевика Сосновского, 56% борщевика Лемана и борщевика понтийского [Александрова, 1971]. Жёсткие условия предзимья и недостаточное количество тепла, когда сумма активных температур выше 10 °C в течение вегетации не превышала 800 – 1000 °C, также

препятствовали выращиванию *H. sosnowskyi* на лугах тундровой зоны [Хантимер, 1974].

По данным портала «Расписание погоды», после уборки снежного покрова на опытных учётных площадках в период наблюдений сумма отрицательных температур воздуха, измеренная в 6.00 ч, составила -448 °C, при минимуме -29.0 °C. В этот период температура воздуха опускалась ниже -20 °C не менее семи раз. Таким образом, температура почвы на глубине залегания почек возобновления *H. sosnowskyi* (до 15 см) могла стать ниже -10 °C.

В нашем опыте удаление снежного покрова значительно повлияло на снижение плотности растений борщевика Сосновского разного возраста, их ростовые характеристики и проективное покрытие. При этом на опытных участках практически полностью отсутствовали его всходы. Это может быть объяснено тем, что проростки погибли после промораживания ниже критической температуры, либо семена не преодолели покой из-за отсутствия возможности пройти стратификацию.

Выживание части растений старше одного года на опытных учётных площадках мы объясняем более высокой температурой почвы на границе с нетронутым снежным покровом (краевой эффект). Большая часть выживших растений находилась вдоль сторон и в углах учётных площадок.

Основной причиной гибели растительной клетки при отрицательных температурах является льдообразование, обезвоживание и механическое повреждение клеточных структур кристаллами льда [Туманов, 1963; Самыгин, 1969; Трунова, 2007]. Одним из механизмов адаптации многолетних растений к периоду отрицательных температур является накопление в почках ингибиторов роста и защитных веществ, изменение содержания и состояния воды [Трунова, 2007; Климов, 2001]. Последствия воздействия низких температур в значительной степени зависят от оводнённости тканей: содержания свободной и связанной воды. Покоящиеся почки характеризуются отсутствием внешних признаков роста, высокой устойчивостью к обезвоживанию и неблагоп-

риятным воздействиям среды [Туманов, 1979]. В период глубокого покоя (декабрь-январь) содержание воды в почках древесных *Betula pendula*, *Populus nigra*, *Syringa vulgaris* составляло 0.5–0.7 мг H₂O / мг сухой массы, у кустарничков *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea* около 1.0 мг H₂O / мг сухой массы [Маслова и др., 2013; Малышев, Атоян, 2018]. Зимой снижение содержания воды в почках до 0.5 мг H₂O / мг сухой массы достаточно, чтобы обеспечить устойчивость *Picea obovata* и *Pinus sylvestris* к температурам до –35... –40 °С [Алаудинова, 2007].

Выявленная высокая интенсивность дыхания почек возобновления *H. sosnowskyi* при температуре 5 °С свидетельствует об отсутствии глубокого покоя, что может обуславливать низкую морозостойкость их тканей.

В отличие от меристематически активных тканей фанерофитов и хамефитов, меристемы криптофитов существенно более оводнены, в апексах корневищ *Achillea millefolium* количество воды достигает 9.0 мг H₂O / мг сухой массы [Маслова и др., 2013]. По нашим данным, в конце вегетации (октябрь) апикальные почки *H. sosnowskyi* содержали 5.8 мг H₂O / мг сухой массы, это существенно больше, чем в почках древесных и кустарничков, но сопоставимо с количеством воды в подземных меристематических тканях других криптофитов. Прямые определения температуры замерзания водных растворов в тканях апексов почек возобновления данного вида показали, что более половины имеющейся в них воды претерпевает фазовый переход (вода – лёд) при температуре –12 °С [Malyshev, 2018].

Устойчивость молодых проростков *H. sosnowskyi* к промерзанию несколько меньше, чем у почек возобновления. Корешки его проростков, собранных в марте под снежным покровом, содержали 7.3 мг H₂O / мг сухой массы ткани. Проростки полностью замерзли и погибали при температуре –8.0 °С [Маслова и др., 2018]. По сравнению с проростками семени данного вида более устойчивы к повреждающему действию отрицательных температур. В сентябре температура замерзания кле-

точного раствора семян составляла, как и у апикальных почек –12 °С. Криорезистентность семян обусловлена низким (0.5 мг H₂O / мг сухой массы) содержанием воды в них [Malyshev, 2018].

В подзоне средней тайги меристематический потенциал растений *H. sosnowskyi* включает до 20 000 шт. семян и около 20 шт. почек возобновления растений старше одного года на 1 м² ценопопуляции [Dalke et al., 2015]. Все эти очаги возобновления чувствительны к промораживанию почвы и в отсутствие снежного покрова могут полностью погибнуть.

Выявленный в работе эффект может служить основой для разработки технологии контроля численности растений *H. sosnowskyi* с помощью удаления снежного покрова. В подходящих по климатическим условиям регионах такой метод ликвидации нежелательных зарослей данного инвазионного вида может быть востребован на территориях детских садов, школ, медицинских учреждений, водоохранных зон, где использование химических способов борьбы с растениями ограничено или запрещено.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках проекта № 16-44-110694 р_а «Эколого-физиологическое моделирование географических пределов распространения инвазивных видов растений на примере *H. sosnowskyi* в таёжной зоне европейской части России», выполняемого на основе Соглашения между Правительством Республики Коми и Российским фондом фундаментальных исследований на 2013–2017 гг. и в рамках темы «Физиология и стресс-устойчивость фотосинтеза растений и пойкилогидрических фотоавтотрофов в условиях Севера» 2017–2019 гг. (ГР 0414-2016-0001).

Авторы выражают благодарность старшему научному сотруднику ИБ Коми НЦ УрО РАН Борису Юрьевичу Тетерюку за идею о возможности борьбы с борщевиком путём уборки снежного покрова в морозный период, высказанную в частной беседе с одним из авторов статьи в 2008 г.

Литература

- Автоматизированная информационная система обработки режимной информации (АИСОРИ) (Электронный документ) // (<http://aisori-m.meteo.ru/waisori>). Проверено 13.07.2018
- Агроклиматические ресурсы Коми АССР. Спб.: Гидрометеоздат, 1973. 136 с.
- Алаудинова Е.В., Симкина С.Ю., Миронов П.В. Сезонные изменения содержания воды в меристематических тканях почек *Picea obovata* L. и *Pinus sylvestris* L. и её распределение в клетках // Хвойные бореальной зоны. 2007. Т. 24. № 4–5. С. 487–491.
- Александрова М.И. Некоторые виды борщевика в среднетаёжной зоне Коми АССР: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Киров, 1971. 26 с.
- Веселкин Д.В., Иванова Л.А., Иванов Л.А., Микрюкова М.А., Большаков В.Н., Бетехтина А.А. Способность к быстрому использованию ресурсов как основа инвазивного синдрома *Heracleum sosnowskyi* // Доклады Академии наук. 2017. Т. 473. № 1. С. 114–117.
- Гигиенические требования к безопасности процессов испытаний, хранения, перевозки, реализации, применения, обезвреживания и утилизации пестицидов и агрохимикатов: СанПиН 1.2.2584-10. Постановление от 02.03.2010 г. № 17 (с изменениями на 10.06.2016 г.). (Электронный документ) // (<http://docs.cntd.ru/document/902204851>). Проверено 03.09.2018.
- Далькэ И.В., Захожий И.Г., Чадин И.Ф. Распространение борщевика Сосновского и мероприятия по его ликвидации на территории МО ГО «Сыктывкар» (Республика Коми) // Вестник Института биологии. 2018. № 3(205). С. 2–13. doi.org/10.31140/j.vestnikib.2018.3(205).1
- Далькэ И.В., Чадин И.Ф. Влияние глифосатсодержащего гербицида на рост, развитие и функциональные показатели борщевика Сосновского // Известия Коми научного центра Уральского отделения РАН. 2010. № 4. С. 36–42.
- Далькэ И.В., Чадин И.Ф. Методические рекомендации по борьбе с неконтролируемым распространением растений борщевика Сосновского Сыктывкар. 2008. 28 с. (Электронный документ) // (<http://ib.komisc.ru/add/files/heracleum.pdf>). Проверено 03.09.2018.
- Климов С.В. Пути адаптации растений к низким температурам // Успехи современной биологии. 2001. Т. 121. С. 3–22.
- Конюхов А.Л. Руководство к использованию программного комплекса ImageJ для обработки изображений: Учебное методическое пособие. Томск: кафедра ТУ, ТУСУР, 2012. 105 с.
- Малышев Р.В. Перспективы использования СВЧ электромагнитного излучения для уничтожения сорных растений на примере *Heracleum sosnowskyi* // Всероссийская научная конференция «Закономерности функционирования природных и антропогенно трансформированных экосистем»: Материалы Всероссийской научной конференции (г. Киров, 22–23 апреля 2014 г.). Киров: Изд-во ООО «ВЕСИ», 2014 г. С. 246–248.
- Малышев Р., Атоян М. Оводнённость и температура фазового перехода вода – лёд в почках древесных растений // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2018. № 2 (204). С. 2–7. doi.org/10.31140/j.vestnikib.2018.2(204).1.
- Маслова С.П., Табаленкова Г.Н., Малышев Р.В., Головки Т.К. Сезонные изменения роста и метаболической активности подземных побегов тысячелистника обыкновенного // Физиология растений. 2013. Т. 60. № 6. С. 865–873.
- Маслова С.П., Малышев Р.В., Далькэ И.В. Влияние температуры на рост и энергетический баланс молодых тканей борщевика Сосновского в условиях Севера // Экология и география растений и растительных сообществ: Материалы IV Международной научной конференции (Екатеринбург, 16–19 апреля 2018 г.). Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та; Гуманитарный ун-т, 2018. С. 555–559.
- О государственной поддержке социально-экономического развития Вологодской области: Постановление Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации от 29.06.2016 № 443-СФ (Электронный документ) // (<http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc=102349661&backlink=1&nd=102402319&rdk=>). Проверено 02.05.2018.
- О государственной поддержке социально-экономического развития Кировской области: Постановление Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации от 12.04.2017 № 102-СФ (Электронный документ) // (<http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc=102349850&backlink=1&nd=102430150&rdk=>). Проверено 02.05.2018.
- Об областном бюджете Ленинградской области на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов: Областной закон Ленинградской области от 09.12.2016 N 90-оз (ред. от 31.10.2017) (Электронный документ) // (<http://docs.cntd.ru/document/441805937>). Проверено 02.05.2018.
- Озерова Н.А., Кривошеина М.Г. Особенности формирования вторичных ареалов борщевиков Сосновского и мантегацци (*Heracleum sosnowskyi*, *H. mantegazzianum*) на территории России // Российский журнал биологических инвазий. 2018. № 1. С. 78–87.
- Озерова Н.А., Широкова В.А., Кривошеина М.Г. и др. Пространственное распределение борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) в долинах больших и средних рек Восточно-Европейской равнины (по материалам экспедиционных исследований 2008–2016 гг.) // Российский журнал биологических инвазий. 2017. № 3. С. 38–63.
- Панасенко Н.Н. Некоторые вопросы биологии и экологии борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) // Российский журнал биологических инвазий 2017. № 2. С. 95–106.

- Расписание погоды (Электронный документ) // (<https://rp5.ru>). Проверено 02.05.2018.
- Резник С.Я., Долговская М.Ю., Зайцев В.Ф., Давидьян Г.Э., Нентвиг В. О возможности использования слоника *Nastus fausti* Reitter (Coleoptera, Curculionidae: Entiminae, Nastini) для биологического контроля инвазивных видов борщевиков (*Heracleum* spp) // Энтомологическое обозрение. 2008. Т. 87. №3. С. 489–502.
- Самыгин Г.А. О причинах гибели растительных клеток от мороза // Физиология приспособления и устойчивость растений при интродукции. Новосибирск: Наука, 1969. С. 71–85.
- Сацыперова И.Ф. Борщевики флоры СССР – новые кормовые растения. Л.: Наука, 1984. 223 с.
- Семена борщевика под снегом, март 2013 г. (Электронный ресурс) // (<http://proborshevnik.ru/archives/370>). Проверено 31.08.2018.
- Сивков М.Д., Назаров С.К. Одноканальная газометрическая установка для измерения фотосинтеза и транспирации растений в полевых условиях // В сб.: Инфракрасные газоанализаторы в изучении газообмена растений. М.: Наука, 1990. С. 55–64.
- Скупченко Л.А. Семеноведение борщевика на Севере. Л.: Наука, 1989. 119 с.
- Трунова Т.И. Растение и низкотемпературный стресс. М.: Наука, 2007. 54 с.
- Туманов И.И. Физиология закаливания и морозостойкости растений. М.: Наука, 1979. 350 с.
- Туманов И.И. Морозоустойчивость плодовых растений // Известия АН СССР. 1963. № 3. С. 459–464.
- Хантимер И.С. Сельскохозяйственное освоение тундры. Л.: Наука, 1974. 221 с.
- Эбель А.Л., Зыкова Е.Ю., Михайлова С.И., Черногривов П.Н., Эбель Т.В. Расселение и натурализация инвазивного вида *Heracleum sosnowskyi* Manden. (Apiaceae) в Сибири // Экология и география растений и растительных сообществ: Материалы IV Международной научной конференции (Екатеринбург, 16–19 апреля 2018 г.). Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та; Гуманитарный ун-т, 2018. С. 1065–1070.
- Якимович Е.А., Ясюченя О.А., Ивашкевич А.А. Методические рекомендации по применению гербицидов для борьбы с борщевиком Сосновского. 3-е изд., доп. Минск: РУП «Институт защиты растений», 2013. 92 с.
- Caffrey J.M. The management of giant hogweed in an Irish river catchment // Journal of Aquatic Plant Management. 2001. Vol. 39. P. 28–33.
- Chadin I., Dalke I., Malyshev R. Evaluation of *Heracleum sosnowskyi* Manden. survival after snow cover removing in early spring (Электронный документ) // Zenodo. 2018. // (<https://doi.org/10.5281/zenodo.1404218>). Проверено 29.08.2018.
- Chadin I., Dalke I., Zakhochiy I. et al. Distribution of the invasive plant species *Heracleum sosnowskyi* Manden. in the Komi Republic (Russia) // PhytoKeys. 2017. Vol. 77. P. 71–80. doi:10.3897/phytokeys.77.1186.
- Dalke I.V., Chadin I.F., Zakhochiy I.G. et al. Traits of *Heracleum sosnowskyi* Plants in Monostand on Invaded Area // PLoS ONE. 2015. Vol. 10. No. 11. P. e0142833. doi.org/10.1371/journal.pone.0142833
- Dalke I., Malyshev R., Maslova S. Growth of *Heracleum sosnowskyi* Manden. plant in indoor conditions after end of vegetation period (Электронный документ) // Zenodo. 2018. // (<https://doi.org/10.5281/zenodo.1244757>). Проверено 29.08.2018.
- Dergunova N.N., Petrosyan V.G., Dgebuadze Yu.Yu. Priority targets for alien species control in Russia // Journal Ecology and safety. 2012. No. 6. P. 372–389.
- Ecology and Management of Giant Hogweed (*Heracleum mantegazzianum*) / Eds. P. Pysek, M.J.W. Cock, W. Nentwig, H.P. Ravn. Wallingford, United Kingdom: CABI Publishing, 2007. 352 p.
- Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices / Eds. R. Wittenberg, M.J.W. Cock. Wallingford, UK: CABI, 2001. 228 p.
- Invasive species management. A handbook of principles and techniques / Eds. M.N. Clout, P.A. Williams. Oxford: Oxford University Press, 2009. 308 p.
- Jakubowicz O., Zaba C., Nowak G. et al. *Heracleum sosnowskyi* Manden. // Annals of Agricultural and Environmental Medicine. 2012. Vol. 19. No. 2. P. 327–328.
- Karimian-Teherani D., Kinaciyan T., Tanew A. Photoallergic contact dermatitis to *Heracleum giganteum* // Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine. 2007. Vol. 24. P. 99–101.
- Malyshev R.V. Freezing point of water, water content and proportion of freezing water in *Heracleum sosnowskyi* plants. [Data set]. (Электронный документ) // Zenodo. 2018 // (<http://doi.org/10.5281/zenodo.1475913>). Проверено 29.08.2018.
- Nielsen C., Ravn H.P., Nentwig W. et al. The Giant Hogweed Best Practice Manual. Guidelines for the management and control of an invasive weed in Europe. Forest & Landscape Denmark, Hoersholm. 2005. 44 p.
- Pergl J., Sádlo J., Petrussek A. et al. Black, Grey and Watch Lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy // NeoBiota. 2016. Vol. 28. P. 1–37. doi: 10.3897/neobiota.28.4824
- Pyšek P., Chytrý M., Pergl J. et al. Plant invasions in the Czech Republic: current state, introduction dynamics, invasive species and invaded habitats // Preslia. 2012. Vol. 84. P. 575–630.
- R Core Team R: A Language and Environment for Statistical Computing / R Core Team. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2017 // (<https://www.R-project.org>). Проверено 29.08.2018.
- Rajmis S., Thiele J., Marggraf R. A cost-benefit analysis of controlling giant hogweed (*Heracleum mantegazzianum*) in Germany using a choice experiment approach // NeoBiota. 2016. Vol. 31. P. 19–41. doi:10.3897/neobiota.31.8103

- Sampson C. Cost and impact of current control methods used against *Heracleum mantegazzianum* (Giant hogweed) and the case for investigating a biological control programme / In: de Waal L.C., Wade M., Child L.E., Brock, J.H. (eds). Ecology and management of invasive riverside plants. Wiley, Chichester, UK, 1994. P. 55–65.
- Saunders G., Cooke B., McColl K., Shine R., Peacock T. Modern approaches for the biological control of vertebrate pests: An Australia perspective // Biological Control. 2010. Vol. 52. P. 288–295.
- Schneider C.A., Rasband W.S., Eliceiri K.W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis // Nature Methods. 2012. Vol. 9. P. 671–675.
- Verhoeven G.J.J., Loenders J., Vermeulen F., Docter R. Helikite aerial photography – a versatile means of unmanned, radio controlled, low-altitude aerial archaeology // Archaeological Prospection. 2009. Vol. 16. No. 2. P. 125–138 // (<https://doi.org/10.1002/arp.353>). Проверено 03.09.2018.
- Vinogradova Y., Pergl J., Essl F., Hejda M., van Kleunen M., Pyšek P. Invasive alien plants of Russia: insights from regional inventories // Biological Invasions. 2018. Vol. 20. No. 8. P. 1931–1943 // (<https://doi.org/10.1007/s10530-018-1686-3>). Проверено 03.09.2018.

EVALUATION OF *HERACLEUM SOSNOWSKYI* FROST RESISTANCE AFTER SNOW COVER REMOVAL IN EARLY SPRING

© Chadin I.F.*, Dalke I.V., Malyshev R.V.

Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Syktyvkar, 167982; e-mail: * chadin@ib.komisc.ru

The development of environmentally safe and cost-effective methods of invasive species Sosnowski's Hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) control is a very actual task for the European part of Russia. The results of an experiment on the effect of snow cover removal on the areas occupied by *H. sosnowskyi* in the early spring period (the beginning of March 2018) in the vicinity of the city of Syktyvkar (Komi Republic, Russia) are presented. The snow cover reached a height of 100 cm on the intact plots, the sum of negative air temperatures measured at 6.00 a.m. constituted -448°C , with a minimum of -29.0°C during the experiment. The number of *H. sosnowskyi* plants of all age groups at the experimental plots (with removed snow cover) was shown to be significantly decreased. The median seedlings density (pcs. per square meter) was equal to zero. Most of survived plants were located along the sides and in the corners of experimental plots. This can be explained by the higher temperature of soil on plots borders with an intact snow cover.

The results of the experiment may be used for development of invasive plant eradication technology by removing of the snow cover. This technology will be demanded on the territories of kindergartens, schools, hospitals, water protection zones, where the use of chemical methods of plant control is limited or prohibited. The obtained data set of *H. Sosnowskyi* monitoring is available in repository of Zenodo.

Key words: *Heracleum sosnowskyi*, biological invasion, frost resistance, snow cover, invasion management.