



II ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

DOI: 10.25558/VOSTNII.2025.40.49.007

УДК 574.34

© А. Г. Егоров, О. А. Климова, Н. С. Анисимова, 2025

А. Г. ЕГОРОВ

канд. биол. наук,
ведущий научный сотрудник
ИЭЧ ФИЦ УУХ СО РАН
г. Кемерово
e-mail: rekreo@mail.ru

О. А. КЛИМОВА

канд. биол. наук,
научный сотрудник лаборатории
ИЭЧ ФИЦ УУХ СО РАН
г. Кемерово
e-mail: olia_1983kem@mail.ru

Н. С. АНИСИМОВА

старший научный сотрудник
АО НЦ «ВостНИИ»
аспирант ИЭЧ ФИЦ УУХ СО РАН
г. Кемерово
e-mail: nina.s.anisimova@mail.ru

РАЗВИТИЕ КОМПЕНСАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОХРАНЕНИЮ РЕДКИХ РАСТЕНИЙ В РЕГИОНАХ С РАЗВИТОЙ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ

Добыча угля является существенной угрозой для природных комплексов, поскольку проводится с применением технологий, вызывающих в той или иной степени деформацию земной поверхности. Экологическое законодательство РФ запрещает нанесение ущерба краснокнижным видам. Поэтому следует обеспечить максимально возможный уровень минимизации негативного воздействия на биологическое разнообразие. В статье иллюстрируются результаты 6-летнего цикла работ по изучению возможностей сохранения, поддержания целостности восстановленных ценопопуляций кандыка сибирского после возврата из системы *ex-situ* в естественную среду обитания. Восстановление ценопопуляции кандыка сибирского на нарушенной части природного заказника «Барзасский» было завершающей стадией биологической рекультивации нарушенных земель в результате незаконной хозяйственной деятельности. Источником посадочного материала для восстановления служили луковицы кандыка из зоны разработок каменноугольного месторождения в границах АО «Черниговец», находящихся на передержке в условиях искусственных местообитаний Кузбасского ботанического сада ФИЦ УУХ СО РАН. Семенной материал кандыка предоставлен из банка семян, сформированном в результате 4 лет развития растений. В соответствии с задачами восстановления для полной реставрации близкой к исходному облику природного комплекса необходимый объем вегетативного

посадочного материала (луковиц) составляет 550 шт., семенного — 1050 шт. Луковицы высажены куртинами по 5 м², посев семян проводился в борозды по 100 шт. в каждую. В результате приживаемость луковиц составила 82 %, выживаемость всходов семян на уровне 97 %. Учитывая, что количество посадочного материала при выполнении работы увеличено, окончательный результат по количеству всходов кандаха сибирского полностью соответствует необходимым нормам. Использованные при культивировании и возврате в систему *in-situ* методические и технологические приемы и подходы в полной мере обеспечили успешность мероприятий по сохранению уязвимых компонент регионального биоразнообразия.

Ключевые слова: СОХРАНЕНИЕ РАСТЕНИЙ EX SITU, КАНДЫК СИБИРСКИЙ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ, ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА, КУЗБАСС.

ВВЕДЕНИЕ

Работа угольных компаний Кузбасса по сохранению биологического разнообразия в настоящее время находится под пристальным вниманием правительства, региональной администрации и экологических общественных организаций, обозревателей и финансовых аналитиков. Помимо любых этических или моральных соображений, которые все чаще становятся предметом обсуждения в крупных и успешных компаниях, вопросы сохранения биологического разнообразия являются важными для компаний по целому ряду экономических причин, таких как: доступ к земельным участкам как на стадии разработки месторождений, так и продолжения сроков действия существующих проектов; повышенное доверие и лояльность инвесторов; более короткие и менее спорные циклы получения разрешений как результат оптимизации совместных мероприятий с контролирующими органами.

В программах сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений приоритетными способами являются сохранения популяций в природной среде обитания. К способам сохранения растений в природной среде относятся: сохранение природной среды обитания; переселение популяций из местообитаний, неминуемо разрушаемых в результате хозяйственной деятельности и воздействия природных факторов, на участки природных местообитаний, находящихся вне зоны воздействия промышленных предприятий и соответствующих экологическим требованиям пересаживаемых

растений и перемещаемых животных; восстановление и реконструкция биотопов.

Помимо мероприятий по сохранению популяций кандаха сибирского *in situ* — в пределах природных местообитаний, необходимо обеспечить компенсационные мероприятия, предусматривающие максимально эффективно достигать нулевых потерь биоразнообразия. В качестве вспомогательных компенсационных мероприятий для популяций кандаха сибирского были предусмотрены следующие: сбор репродуктивного материала (семена) кандаха сибирского для размножения вида за пределами естественных мест обитания (ex situ) на территории Кузбасского ботанического сада, создание резервной популяции в условиях ботанического сада силами специалистов-интродукторов.

Выполнение научно-практической работы по формированию мероприятий для восстановления ценопопуляции кандаха сибирского (*Erythronium sibiricum* (Fisch. & C. A. Mey.) Krylov) на нарушенной части земельного участка с кадастровым номером 42:04:0105001:244 и прилегающей территории в границах государственного природного заказника «Барзасский» в порядке применения оффсетных компенсаций направлено на реализацию раздела по восстановлению биоразнообразия Проектов рекультивации земель (шифр 12ТЗ П и 20ТЗ П), нарушенных в результате строительства временных и вспомогательных сооружений, складирования строительных и иных материалов в рамках капитального ремонта автодороги Р-255 «Сибирь» Новосибирск–Кемерово–Красноярск–Иркутск

на участке 360+000–374+500 в Кемеровской области (Кемеровская область, Кемеровский район, Арсентьевское сельское поселение). Кандык сибирский включен в Красную книгу Российской Федерации [1], а также в Красную книгу Кузбасса [2].

Объект восстановления биоразнообразия и реконструкции ценопопуляции редкого вида расположен в границах государственного природного заказника «Барзасский». Общая площадь заказника 62400 га. В заказнике произрастает 261 вид растений, в том числе 6 из Красной Книги Кузбасса [2]. Нарушенный участок находится в зоне черневых лесов, являющихся реликтовыми на территории Кузбасса. Фитоценотические и морфофизиологические условия, окружающие территорию проведения восстановительных работ, в полной мере отвечают видовым морфогенетическим специализациям кандыка сибирского, который с высоким потенциалом верности вида характеризует ландшафтные единицы природного окружения.

Фитоценотическая приуроченность связана с биологическим ритмом развития этого эфемероидного вида. На территории Кемеровской области произрастает на глубокоподзолистых и подзолистых почвах с довольно мощным гумусовым горизонтом, с ведущей растительной формацией — черневая пихтово-осиновая тайга с густым подлеском из *Sorbus sibirica* Held., *Caragana arborescens* Held., *Viburnum opulus* L., *Ribes hispudulum* Pojark., в липовых, смешанно-хвойных, березово-осиновых, лиственничных лесах. Обитает в черневой тайге Кузнецкого Алатау и Салаира, в липовом лесу Кузнецкого Алатау в бассейне правых притоков р. Кондома. В смешанно-хвойных, березово-осиновых, лиственничных лесах отмечен в окрестностях городов и поселков: Тайги, Новокузнецка, Мариинска, Осинники, Листвяги, Кузедево, Междуреченска, Мундыбаша, Шерегеша, Таштагола.

Восстановление ценопопуляции кандыка сибирского является завершающей стадией биологического этапа рекультивации земель, нарушенных в результате строительства

временных и вспомогательных сооружений, складирования строительных и иных материалов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве методической основы использован опыт научно-практической деятельности Кузбасского ботанического сада ФИЦ УУХ СО РАН в рамках выполнения работ по госзаданию № 0286–2021–0010 «Разработка научных основ оценки состояния и восстановления флористического разнообразия *in situ* и *ex situ* в регионах с высокой степенью деградации экосистем в результате антропогенного и техногенного воздействий» и требования ГОСТ Р 57446–2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия».

Изучение кандыка сибирского на протяжении ряда лет в культуре [3] показало, что вегетативное размножение у вида слабое. Антропогенное влияние отрицательно сказывается на численности и плотности популяций [4]. При изучении особенностей биологии кандыка сибирского выявлено, что все популяции кандыка имеют левосторонний спектр, т.е. растения прегенеративного периода преувеличивают над генеративными растениями. Это связано с тем, что генеративный побег живет от 3 до 5 лет и отмирает. В основном возобновление осуществляется семенным путем. Эти особенности заложены в основу методов сохранения кандыка сибирского.

В целом продолжительность малого жизненного цикла побега возобновления кандыка сибирского составляет 3 года и более, так как после надземного отмирания базальная часть побега существует еще некоторое время подземно в виде членика корневища [5]. Стабильной численности вида в природных популяциях способствует ряд причин, одной из которых является способность воспроизведения путем семенного и вегетативного размножения. Для прорастания недифференцированного зародыша необходимо длительное воздействие на семена не

только низких положительных температур, но и микроусловий. Коэффициент вегетативного размножения очень низкий, так как в ежегодно возобновляемой луковице практически не закладывается придаточная почка, а если и закладывается, то продолжительный период находится в спящем состоянии. Дочерние луковицы чаще формируются путем развития адвентивных почек на члениках корневищ. С возрастом развивается вегетативный клон из 3–5 луковиц и корневищ, что наблюдается в природных популяциях в Кемеровской области в районе поселков Каз и Шерегеш. Репродуктивная способность вида сильнее выражена в лесных мезофитных условиях, чем в высокогорных, где в клоне обнаружены одна–две луковицы. Для прорастания корня необходимо держать семена во влажном песке в тепле в течение 4,5–5 мес. при температуре 18–20 °С. Для появления способности к росту побега далее нужна длительная холодная стратификация — 7,5–8 мес. при температуре +5 °С. Тип прорастания семян — надземный. Семядоли примитивного типа, так как задерживают свой кончик в семенной кожуре. Отмечены начальные стадии превращения кончика семядоли в гаусторию. При семенном размножении особь впервые зацветает только на шестой год.

В природных условиях семенная продуктивность канька сибирского зависит от состояния генеративных особей, возраста и экологических условий произрастания. В Кемеровской области в естественных природных местообитаниях потенциальная и реальная продуктивность выше, чем в соседних регионах и имеет максимум (70,1 шт. реальной семенной продуктивности) на открытых пространствах, граничащих с таежными массивами. Реальная семенная продуктивность снижается при повышении высоты над уровнем моря. Изменение режима увлажненности и географическая приуроченность местности ведущего влияния на формирование количества семян в коробочке и ее размеры не имеет.

Многолетними исследованиями Л. Л. Седельниковой [3] установлено, что в условиях ненарушенной территории в среднем

формируется 19 шт./м² плодоносящих растений. В таежной зоне Кемеровской области в ненарушенных местообитаниях при средней плотности популяции 39,6 шт./м² развивается 19,7 шт./м² генеративных особей. В нарушенных местообитаниях при умеренном и среднем антропогенном воздействии число генеративных особей колеблется в интервале 7,4–9,1 шт./м².

В 2019 году на территории Кузбасского ботанического сада ФИЦ УУХ СО РАН было высажено 1600 экз. луковиц канька сибирского, размещенного на 16 площадках (1 м²) ограниченных коробами по 100 экз. в каждом в разных вариантах освещенности, физиологического состояния (молодого, средневозрастного и старовозрастного состояниях). Основанием для формирования резервной ценопопуляции служила необходимость сохранения канька сибирского из зоны разрушения местообитаний в процессе разработки каменноугольного месторождения в границах лицензии АО «Черниговец». Мониторинг, проведенный на экспериментальных участках в период адаптации и развития резервной популяции позволил оценить успешность и перспективы сохранения редкого вида в условиях *ex situ*.

В процессе естественного старения численность особей на разных площадках за три года наблюдений уменьшилась от 32% до 58% в результате естественного старения и отмирания, но был зафиксирован процесс устойчивого созревания семян и обильное обсеменение.

В 2020 году заложен эксперимент по возобновлению популяций канька сибирского семенами, собранными с растений модельных ценопопуляций, сформированных в ботаническом саду, подтвердил успешность сохранения растений в условиях *ex situ*. Всего было высажено около 1050 семян (в весовых долях) и получено 998 всходов. Семенная продуктивность экземпляров канька сибирского резервной популяции Кузбасского ботанического сада составляет 17–46 шт./особь, среднее значение — 30 шт./особь. Зафиксированная всхожесть семян составляет 85,17%.

В условиях стресса при пересадке и наличия периода адаптации и необходимого периода стратификации для восстановления (реставрации) природной популяции кандыка сибирского в расчет необходимого количества зрелых особей принимается продуктивность 26 шт/семян/особь. Семена имеют глубокий эндогенный покой и способны прорастать при низких положительных температурах, близких к 0 °С [5].

Молодые экземпляры кандыка сибирского и семенной материал взрослых растений вполне пригодны в качестве донорского источника для восстановления ценопопуляции вида территории заказника «Барзаский».

При проведении научно-исследовательских работ Филипповой А. В. и Мякишевой С. Н. [6] на основании выданного Росприроднадзором Разрешения на добывание объектов животного и растительного мира, принадлежащих к видам, занесённым в Красную книгу Российской Федерации, коллектиком сотрудников ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» было изъято из естественной среды обитания, находящейся на территории угольного разреза, 277 луковиц кандыка сибирского. Транслокацию луковиц выполнили на территорию ботанического сада КемГУ, эколого-ценотические условия которого сходны с условиями разреза. Размеры высаживаемых луковиц составляли от 3 до 8 см и коррелировали с их возрастом. Луковицы длиной 6–8 см соответствовали генеративному состоянию, луковицы размером от 3 до 5 см — прегенеративному. Всего было высажено 277 луковиц. Чуть больше половины луковиц (52%) соответствовало прегенеративному возрастному состоянию, 39% луковиц находилось в генеративном возрасте, 9% луковиц были повреждены. Кандык сибирский показал значительную адаптационную способность и достаточно высокую приживаемость в новых условиях. Приживаемость луковиц размером 6–8 см как с донцем, так и без донца, составила 100%, все экземпляры этого возраста находились в фазе цветения. Луковицы

размером 3–5 см проросли и находились в фазе вегетации, но их доля оказалась всего 67% по сравнению с количеством посаженных луковиц этого размера. Из повреждённых луковиц начало вегетировать только 12%.

Территория изъятия кандыка сибирского (лицензионный участок АО «Черниговец») и участок восстановления (юго-западная часть государственного природного заказника «Барзасский») входят в состав Барзасского таежного ботанико-географического района с едиными признаками почвенно-географических и ландшафтно-топических условий. Семенной материал характеризуется единством генетически детерминированных параметров, соответствующих диапазону экологического преферендума генофонда особей, ранее изъятых из среды обитания. В условиях Кузбасского ботанического сада фактическая приживаемость растений после переноса из исходного местообитания составила 75,32% (с учетом естественного отхода старовозрастных форм).

Нормативно-правовая обеспеченность мероприятий по возврату особей кандыка сибирского, изъятого ранее с территории перспективных угольных разработок, констатируется абзацем 4 пункта 33 Административного регламента Федеральной службы по надзору в сфере природопользования предоставления государственной услуги по выдаче разрешений на добывание объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, утвержденного приказом Минприроды России от 18.02.2013 № 60, добывание (сбор, изъятие) объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации и их частей, за исключением водных биологических ресурсов, допускается в исключительных случаях для осуществления мониторинга состояния их популяций, в целях сохранения и восстановления их численности в естественной среде обитания, для осуществления научно-исследовательских работ, в целях разведения в искусственных условиях и культивирования с последующим возвратом

Таблица 1

Расчетный объем посадочного материала кандыка сибирского

Участок № 1 (1,6053 га)				
Необходимое количество экз.	Луковицы	Приживаемость		Необходимый объем
1200	400	75,32%		500 шт
	Семена	Всходесть	Выживаемость	
	800	85,17%	95,04%	Не менее 970
Участок № 2 (0,6562 га)				
Необходимое количество экз.	Луковицы	Приживаемость		
400	150	75,32%		200 шт
	Семена	Всходесть	Выживаемость	
	250	85%	95,04%	Не менее 310

в естественную среду обитания, с обязательным проведением компенсационных мероприятий (письмо МПР РФ от 13.08.2020 № 15–44/20641 «О добывании объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу»).

Таким образом, использование в качестве исходного материала особей кандыка сибирского из резервной популяции и семенного материала из банка семян, сформированных в Кузбасском ботаническом саду ФИЦ УУХ СО РАН, соответствует задачам проектов рекультивации (шифр 12Т3 П и 20Т3 П) и корреспондирует с Приказом МПР РФ от 18 февраля 2013 г. № 60 «Об утверждении Административного регламента Федеральной службы по надзору в сфере природопользования предоставления государственной услуги по выдаче разрешений на добывание объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации».

В соответствии с задачами восстановления полноценной и биологически продуктивной ценопопуляции кандыка сибирского на нарушенных землях государственного природного заказника «Барзасский» и исходя из особенностей биологии вида фитореставрацию проводили двумя путями: 1. Пересадка кандыка сибирского луковицами (возвращение в естественную среду обитания); 2. Посадка растений семенами (возрастная структура). Для восстановления биоразнообразия

необходимо восстановить 1600 экземпляров кандыка сибирского (*Erythronium sibiricum*): 1200 экземпляров на участке № 1 (проект рекультивации 12Т3 П) и 400 экземпляров на участке № 2 (проект рекультивации 20Т3 П).

С целью реализации задачи восстановления репродуктивного ядра ценопопуляции на нарушенных землях и обеспечения семенного возобновления растений для полной реставрации, близкой к исходному облику природного комплекса, и учитывая результаты изучения сформированной ранее резервной ценопопуляции кандыка сибирского, определены необходимые и достаточные объемы вегетативного и семенного посадочного материала (таблица 1).

Изъятие кандыка сибирского с участков размещения резервной популяции произошло после созревания семян, с наступлением периода покоя (июль).

При транспортировке изъятые луковицы кандыка сибирского помещали донцем вниз по 10 шт. в небольшие влаго- и воздухопроницаемые бумажные пакеты с влажной мульчированной смесью на дне. Пакеты неплотно размещали в транспортировочные ящики. Транспортировка с места изъятия до места высадки осуществлялась автомобильным транспортом на расстояние 42 км.

Для формирования устойчивой и саморазвивающейся ценопопуляции в условиях формирующегося почвенно-растительного

покрова и естественного лесорастительного окружения рекультивируемой площади государственного природного заказника «Барзаский» проводилась комплексная посадка растений в рассчитанных долевых отношениях.

Для травянистых мелкокустовых и безрозеточных растений Т. В. Елисафенко и О. В. Дорогина [7] рекомендуют формировать куртинное размещение с плотностью особей с близким или несколько более плотным размещением (по отношению к природному). Посадку луковиц можно проводить произвольно: группой по 3–5 особей, в рядки на расстояние от 5 до 10 см, зигзагами или волнами в зависимости от микрорельефа участка формирования куртины.

В условиях фитореставрации нарушенного участка заказника сформировано 5 куртин на участке № 1 с плотностью посадки 20–22 луковицы/м² для каждой куртины. Куртины разместили в ветровой тени по переходной зоне от сохранившихся кустарниковых зарослей (юго-восточная оконечность участка восстановления) к открытой (не залесенной) части участка в сторону лесных насаждений в северо-восточной части участка. Площадь каждой куртины по 5 м². На участке № 2 высажены 2 куртины по той же схеме и располагаются на открытом пространстве вдоль сохранившихся кустарниковых зарослей в направлении на юго-запад.

Луковицы были высажены через две недели после проведения биологического этапа рекультивации участка, естественного уплотнения и сложения гумусово-аккумулятивного горизонта почвы. Посадка осуществлялась в течение суток после извлечения луковицы из почвы, так как луковицы лишены защитного слоя. При посадке делали лунку, в которую аккуратно помещали луковицу донцем вниз. Сверху луковицу присыпали почвой и слегка уплотняли. Слой почвы над луковицей составлял не менее 8 сантиметров. В общей сложности глубина посадки составляет две высоты луковицы. Вдавливать луковицу кандыка в почву противопоказано, так как при этом можно повредить целостность посадочного материала.

Одновременно с посадкой луковиц проводился посев семян в неглубокие борозды (5 см) по 100 семян в каждую, с последующей присыпкой почвой и легкой утрамбовкой. Укрытие на зиму и защита от заморозков весенних всходов не требуется.

Срок мониторинга приживаемости растения — в течение двух лет после пересадки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Первичная оценка эффективности восстановления и реставрации проведена в первой декаде мая 2024 г. К этому времени уже замечены всходы (проростки) семян и луковиц кандыка сибирского. На участке № 1–246 экз. (57%) проростков соответствуют особям взрослого виргинильного состояния (V) — листовая пластинка крупная, 10–15 см длиной, 5–7 см шириной, с 10–12 параллельными жилками, длина черешка листа 9–11 см. Особей молодого генеративного состояния (g1) — с двумя листовыми пластинками и развитым надземным удлиненным побегом — 126 экз. (29,4%). Особей среднего генеративного состояния (g2) — 58 экз. (13,5%) — данное возрастное состояние отличается от молодого генеративного лишь более мощной листовой пластинкой, размер которой в длину 15–20 см и 6–8 в ширину. Листья супротивные, первый лист эллиптический, второй — продолговатый. Цветок 3–4 см с толстой цветоножкой. На участке № 1 общее количество всходов луковиц кандыка сибирского — 430 экз., что соответствует 86% от числа высаженных и превышает необходимое количество для восстановления популяции. На участке № 2 также наибольший процент всходов из луковиц относится к особям виргинильного состояния — 49% (86 экз.), особей молодо-генеративного состояния — 62 экз., что составляет 35%, и особей среднего генеративного состояния — 27 экз. (16%). Итого, на участке № 2 общее количество всходов составляет 175 экз. при необходимом количестве 150 экз. (табл.). Количество всходов из семян на участке № 1 насчитывается не менее 820 ± 10 шт., на участке № 2 — не менее 270 ± 10 шт. Всходы семян длиной 4–6 см.

Оценка эффективности второго года (первая декада мая 2025 г.) восстановления и реставрации кандыка сибирского показала, что на участке № 1 приживаемость луковиц составила 82%, на участке № 2 – 81,5%. Общее количество экземпляров кандыка на участках № 1 и 2 составляет 1242 и 456 экз. соответственно.

ВЫВОДЫ

В результате выполнения научно-практической работы по восстановлению ценопопуляции кандыка сибирского в границах территории природного заказника «Барзасский» установлено, что по истечении двух лет приживаемость луковиц кандыка составила не

менее 80%, а выживаемость всходов семян – 97%. Полученные данные полностью удовлетворяют необходимый объем количественного состава особей кандыка сибирского для реставрации сообщества, близкого к исходному облику природного комплекса.

*Работа выполнена в рамках государственного задания (Проект ААА-А21-121011590010-5 «Разработка научных основ оценки состояния и восстановления флористического разнообразия *in situ* и *ex situ* в регионах с высокой степенью деградации экосистем в результате антропогенного и техногенного воздействий» или FWEZ-2024-0022).*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красная книга Российской Федерации. (Растения и грибы). М.: Т-во научн. изданий КМК. 2008. 855 с.
2. Красная книга Кузбасса. 3-е издание, переработанное и дополненное. Кемерово: «ВЕКТОР-ПРИНТ». 2021. Том 1. 240 с.
3. Седельникова Л.Л. Кандык сибирский: Биология, распространение, использование. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео». 2018. 102 с.
4. Куприянов А. Н., Куприянов О. А. Особенности онтогенеза и состояние популяций *Erythronium sibiricum* (Fisch. et C.A. Mey.) Kryl. в зависимости от степени антропогенного воздействия // Флора и растительность антропогенно нарушенных территорий. Вып. 8. Кемерово. 2012. С. 18–25.
5. Седельникова Л. Л. Органогенез и ритмы развития геофитов при интродукции // Теоретические и прикладные аспекты интродукции растений как перспективного направления развития науки и народного хозяйства. Материалы Международной научной конференции, посвященной 75-летию со дня образования Центрального ботанического сада НАН Беларуси. В 2-х томах. Минск. 2007. С. 284–286.
6. Филиппова, А. В., Мякишева С. Н. Транслокация эндемичного вида кандыка сибирского (*Erythronium sibiricum* (Fisch. et C.A. Mey.) Kryl.) на территорию ботанического сада Кемеровского государственного университета // В сборнике: Ботанические сады в современном мире. Сборник научных статей. Санкт-Петербург. 2023. С. 103–106.
7. Елисафенко Т. В., Доронина О. В. Методические рекомендации по интродукции и восстановлению природных популяций редких и исчезающих видов растений // Кемерово: Примула. 2021. 48 с.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2025.40.49.007

UDC 574.34

© A.G. Egorov, O.A. Klimova, N.S. Anisimova, 2025

A.G. EGOROV

Candidate of Biological Sciences,
Senior Researcher Laboratory

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo
e-mail: rekreo@mail.ru

O.A. KLIMOVA

Candidate of Biological Sciences,
Researcher Laboratory
Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo
e-mail: olia_1983kem@mail.ru

N.S. ANISIMOVA

Senior Researcher
JSC «NC VostNII»
Postgraduate Student
Institute of Human Ecology Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo
e-mail: nina.s.anisimova@mail.ru

DEVELOPMENT OF COMPENSATION MEASURES FOR THE CONSERVATION OF RARE PLANTS IN REGIONS WITH A DEVELOPED COAL INDUSTRY

Coal mining poses a significant threat to natural systems, as it is carried out using technologies that cause varying degrees of deformation of the earth's surface. Russian environmental legislation prohibits harm to endangered species. Therefore, it is necessary to minimize the negative impact on biodiversity to the greatest possible extent. The article presents the results of a six-year study of the feasibility of maintaining the integrity of restored Siberian fawn lily coenopopulations after returning from the ex-situ system to the natural habitat. The restoration of the Siberian fawn lily coenopopulation in the disturbed part of the Barzassky Nature Reserve was the final stage of the biological reclamation of lands disturbed due to illegal economic activities. The source of planting material for restoration was fawn lily bulbs from the habitat zone destroyed during the development of a coal deposit within the boundaries of JSC Chernigovets. The bulbs were kept in artificial habitats of the Kuzbass Botanical Garden of the Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of SB RAS. Fawn lily seed material was obtained from the seed bank formed in the four years of plant development. In accordance with the restoration objectives, to completely restore a natural complex similar to the original appearance, the required volume of vegetative material amounts to 550 bulbs and of seed material — to 1050 seeds. The bulbs were planted in clumps of 5 m². The seeds were sown in furrows of 100 seeds in each. As a result, the rooting rate of the bulbs was 82 %, and the survival rate of seedlings was 97 %. Bearing in mind that the planting material amount was increased during the work, the final result fully meets the required standards in terms of the number of Siberian fawn lily seedlings and sprouts. The methodological and technological techniques and approaches used during Siberian fawn lily cultivation and return to the in-situ system fully ensured the success of measures aimed at conserving vulnerable components of the regional biodiversity.

Keywords: EX SITU PLANT CONSERVATION, SIBERIAN FAWN LILY, RESTORATION COENOPOLULATION, AGE STRUCTURE, KUZBASS.

REFERENCES

1. Red data book of the Russian Federation (plants and mushrooms). Moscow. Tov. nauchn. izdaniy KMK. 2008. 855 p. [In Russ.].
2. Red Data Book of Kuzbass. 3rd edition, revised and supplemented. Kemerovo «VECTOR-PRINT». 2021. Vol. 1. 240 p. [In Russ.].
3. Sedelnikova L. L. Siberian fawn lily: Biology, distribution, use. Novosibirsk: Akademich. Izd-vo «Geo». 2018. 102 p. [In Russ.].

4. Kupriyanov A. N., Kupriyanov O. A. Features of ontogenesis and state of *Erythronium sibiricum* (Fisch. et C.A. Mey.) Kryl. populations depending on the degree of anthropogenic impact // Flora and vegetation of anthropogenic disturbed territories, Ed. 8. Kemerovo. 2012. P. 18–25. [In Russ.].
5. Sedelnikova L. L. Organogenesis and rhythms of development of geophytes during introduction, in: Theoretical and applied aspects of plant introduction as a promising direction for the development of science and national economy. Materials of the International Scientific Conference dedicated to the 75th anniversary of the founding of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus. Minsk. 2007. Vol. 1. P. 284–286. [In Russ.].
6. Filippova A. V., Myakisheva S. N. Translocation of an endemic species of Siberian celandine (*Erythronium sibiricum* (Fisch. et C.A. Mey.) Kryl.) to the territory of the Botanical Garden of Kemerovo State University // In the collection: Botanical gardens in the modern world. Collection of scientific articles. Saint Petersburg. 2023. P. 103–106. [In Russ.].
7. Elisafenko T. V., Dorogina O. V. Methodological recommendations for the introduction and restoration of natural populations of rare and endangered plant species // Kemerovo: Primula. 2021. 48 p. [In Russ.].