

Е.И. Филимонова, М.А. Глазырина, Н.В. Лукина, Г.И. Юсупова

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, elena.filimonova@urfu.ru

ЕPIRACTIS ATRORUBENS (HOFFM. EX BERNH.) BESS. В АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА

Проблема сохранения и восстановления биологического разнообразия как основы устойчивости биогеоценозов является особенно актуальной для индустриально развитых регионов России, в том числе для Среднего Урала, где сосредоточены значительные площади нарушенных промышленностью земель.

Изменение естественных мест обитания вызывает вымирание многих видов, и в том числе орхидей [Swarts, Dixon, 2009]. Однако в последние годы в Европе обнаруживают некоторые виды редких орхидей (сем. Orchidaceae Juss.) в антропогенно нарушенной среде обитания, а также в отработанных карьерах, на промышленных отвалах [Adamowski, 2006; Вахрамеева и др., 2014]. Одним из таких видов является *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess., распространенный в Европе, южной части Западной Сибири, Средней Сибири, а также на Кавказе и в Малой Азии. В пределах Уральской горной системы вид встречается от широты Полярного круга (Приполярный Урал) до южных районов лесной зоны (Южный Урал), а также в островных борах степной зоны.

E. atrorubens внесен в Европейский Red List (LC), а также в Приложение II Международной конвенции СИТЕС [Bilz et al., 2011], охраняется во многих регионах РФ. На территории Свердловской области (Средний Урал) известно не менее 30 местонахождений, редкий вид (статус III) [Красная книга Свердловской области, 2018].

E. atrorubens – коротко-корневищный травянистый многолетник, ксеромезофит. Популяции вида приурочены, главным образом, к выходам карбонатных пород [Вахрамеева и др., 2014]. На Среднем Урале вид встречается на сухих облесенных каменистых склонах, скальных обнажениях известняков по берегам рек, в сухих светлых сосновых и березовых лесах, на полянах и опушках [Мамаев и др., 2004]. Учитывая строгую приуроченность вида к определенным условиям обитания, особый интерес вызывает способность *E. atrorubens* колонизировать промышленные каменистые отвалы, образующиеся при разработке месторождений талька, известняка, горючих сланцев, хвостов цинкового рудника и др. [Heyde, Krug, 2000; Мамаев и др., 2004; Shefferson et al. 2008; Ефимов, 2012].

В нашей работе дано описание новых местобитаний *E. atrorubens*, обнаруженных на территории отработанных Анатолюско-Шиловских месторождений асбеста. Район исследования расположен в пределах Тагило-Невьянского гипербазитового массива на восточном склоне Среднего Урала (пос. Новоасбест, Свердловская обл., таежная зона, подзона южной тайги). Анатолюско-Шиловские месторождения приурочены к линзовидным залежам тальково-хлоритово-карбонатных пород. В качестве полезного ископаемого добывали волокнистую разновидность серпентинитов – магнезиоарфведсонит-асбест (режикит-асбест), принадлежащий группе амфиболовых асбестов. Среднее содержание асбеста в породах составляло около 4–5 % [Янин, 2013]. Отвалы сложены в основном серпентинитами, частично серпентинизированными гарцбургитами и жильными породами, и лишь около 10 % объема составляют рыхлые обломочные материалы и глина. Минеральный состав отвальных пород представлен оливином – 67.8 %, энстатитом – 30.1 %, диопсидом – 2.1 %, амфибол-асбестом – 0.1 %.

Разработку месторождений проводил Анатолюско-Шиловский ГОК открытым способом в период с 1952 до 1991 год. В настоящее время нарушенные земли представляют собой карьерно-отвальный комплекс, в составе которого 5 карьеров с автомобильными отвалами (общий объем складированных пород 228.9 млн т), склад отходов дробильной установки, соединенных общей автотранспортной сетью.

Карьерно-отвалный комплекс окружен сосновыми травяными и сосновыми травяно-черничниковыми лесами, поэтому после прекращения горных работ на участках отвалов сразу начиналось активное самозарастание древесной растительностью. К настоящему времени предприятие ликвидировано. Карьеры интенсивно используются в целях рекреации и туризма, отвалы проходят лицензирование на возможность вторичного использования.

В статье проанализированы результаты обследований местообитаний *E. atrorubens*, обнаруженных на отвалах Шиловский, Анатольский и Южный одноименных карьеров. Геоботанические исследования проводились детально-маршрутным методом. Оценивалось общее проективное покрытие (ОПП) растительности, обилие и встречаемость видов, выявлялся видовой состав. Проводился отбор проб субстрата корнеобитаемого горизонта (0–15 см). Для изучения пространственной и возрастной структур ценопопуляций (ЦП) *E. atrorubens* случайным образом закладывали по 30 учетных площадок площадью 0.25 м². Определялись численность, плотность ценопопуляций, при этом учитывались все особи (побеги), независимо от способа размножения. В полевых условиях у растений измерялись морфологические параметры: высота генеративного побега, длина соцветия, количество цветков, длина и ширина 2-го листа срединной формации, общее количество листьев; в таблице представлены средние арифметические значения и их стандартные ошибки. Достоверность различий оценивали по критерию Манна–Уитни при уровне значимости $p < 5\%$ в программе Statistica 6.0. Описание формирующейся на отвалах растительности и сбор почвенных материалов проводили в июле 2017–2018 гг.

Общий анализ гранулометрического состава субстратов с местообитаний *E. atrorubens* показал, что антропогенные почвы сильнокаменистые: содержание камней и гравия, диаметром более 3 мм, составляет от 50 до 85 %. В составе мелкозема преобладают фракции песка, доля водоудерживающих глинистых частиц (<0.25 мм) незначительна: на Шиловском отвале составляет 6–8 %, на Анатольском отвале – до 10–15 %, на Южном отвале около 5 %. Агрохимический состав антропогенных почв характеризуется очень низким содержанием щелочногидролизуемого азота, средним содержанием доступного для растений фосфора и калия. Реакция среды субстрата слабощелочная ($pH = 7.2$) [Filimonova et al., 2019].

В качестве контроля рассматривалась ЦП *E. atrorubens* в сосновом лесу на склоне горы Голой, расположенной в 3–5 км от северо-западной части отвала Шиловский. Средний возраст древостоя *Pinus sylvestris* L. составлял 100–120 лет, сомкнутость крон – 0.6. В составе древостоя редко встречались *Larix sibirica* Ledeb., *Betula pendula* Roth, *Picea obovata* Ledeb., подрост *P. sylvestris* и группы *B. pendula*, в подлеске – *Juniperus communis* L., *Rosa acicularis* Lindl., *Sorbus aucuparia* L., *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wołoszcz.) Klásková. В травяно-кустарничковом ярусе (ОПП от 40 до 80 %, высота яруса 40–45 см) кустарнички были представлены: *Vaccinium myrtillus* L. и *V. vitis-idaea* L. (cop₂), *Linnaea borealis* L. (sp gr–cop); из травянистых видов доминировали *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth (cop₂–cop₃), *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv., *Geranium sylvaticum* L., *Rubus saxatilis* L., *Fragaria vesca* L., *Potentilla erecta* (L.) Raeusch. (sp–cop₁) и др.

В естественном сосновом лесу *E. atrorubens* встречается группами от 3 до 14 особей. Численность ЦП составила 30 шт., плотность 0.06 шт./м². В возрастном спектре преобладали генеративные растения (90 %). Изученные морфологические параметры (табл.) характеризовались высокой вариабельностью, так высота генеративных побегов варьировала от 33,8 до 71.4 см, длина соцветия – от 7.5 до 28.0 см, количество цветков – от 6 до 28 шт., длина 2-го листа изменялась у растений от 8.1 до 10.7 см, ширина листа – от 2.6 до 5 см. Морфологические параметры в целом соответствовали литературным данным [Вахрамеева и др., 2014]. Самоподдержание ценопопуляций смешанное – за счет семенного и вегетативного размножения.

Шиловский отвал имеет 6 ярусов, высоту до 80 м, площадь по периметру около 4050 га. Поверхность отвала представлена многочисленными навалами, россыпями крупноглыбистого материала, на которых формируется смешанное редколесье, крутые откосы

практически не зарастают, субстрат сильнокаменистый. На небольших участках отсыпок рыхлого грунта сформировались 25–45-летние лесные фитоценозы.

E. atrorubens на Шиловском отвале расселился от подножия до верхнего плато. Особи *E. atrorubens* чаще произрастали между камнями, на осыпях вдоль дорог под деревьями и кустарниками. На Шиловском отвале были обследованы следующие ЦП.

ЦП-1 *E. atrorubens* произрастала на верхнем плато (6 ярус, северо-восточная экспозиция). Вершина отвала зарастает низкорослым редколесьем *P. sylvestris* и *B. pendula* (sp); единично (sol) встречались *Populus laurifolia* Ledeb., *Populus tremula* L., а также *Salix caprea* L., *Salix myrsinifolia* Salisb., *Salix pentandra* L., *Salix phylicifolia* L., *Salix rosmarinifolia* L. и др. Покрываемые деревьями и кустарниками составляло 25–30 %, высота растений составляла от 0.15 м до 1.5–2 м. Травянистый ярус крайне разрежен, ОПП варьировало от 2 до 12 %. Наиболее часто встречались *E. atrorubens* (sp), *Dendranthema zawadskii* (Herbich) Tzvel., *Rumex thyrsoflorus* Fingerh. и др. В растительном сообществе на верхнем плато произрастало 48 видов растений, видовое богатство – 2.1 вид на 0.25 м².

Распределение особей *E. atrorubens* по площади участка групповое, площадь ЦП около 650 м². Численность ЦП-1 *E. atrorubens* составила 148 растений, средняя плотность – 0.23 шт., в группах – 1.6 шт. на 0.25 м², варьировала в площадках от 1 до 6 шт. Преобладали особи генеративного возрастного состояния (60 %). По морфологическим параметрам особи на отвале не отличались по высоте, но имели достоверно большее количество цветков и меньшие размеры листа по сравнению с растениями из природной ЦП (таблица). Размах вариации растений по высоте побега составлял от 18.5 до 63 см, длине соцветия – от 4 до 25 см, количеству цветков – от 4 до 41 шт. В ЦП встречалось семенное и вегетативное возобновление, обнаружено растение с 6 побегами.

Таблица

Морфологическая характеристика *E. atrorubens* на серпентинитовых отвалах

Параметры	Лес (контроль)	Шиловский отвал		Анатолийский отвал	Отвал Южный
		ЦП-1	ЦП-2		
Высота особи, см	46.7 ± 2.6 a	41.2 ± 3.1 a	45.2 ± 2.56 a	45.9 ± 2.2 a	28.6 ± 3.9 b
Длина соцветия, см	14.7 ± 1.7 a	17.3 ± 1.0 a	18.5 ± 1.2 a	15.7 ± 0.6 a	12.1 ± 2.9 a
Количество цветков, шт.	12.3 ± 1.6 b	17.5 ± 1.6 a	19.6 ± 1.9 a	19.4 ± 0.9 a	11.9 ± 3.3 b
Количество листьев, шт.	5.4 ± 0.2 a	5.8 ± 0.2 a	6.6 ± 0.3 b	7.7 ± 0.8 b	4.7 ± 0.4 a
Длина листа, см	9.3 ± 0.2 b	5.1 ± 0.2 a	6.2 ± 0.3 a	6.8 ± 0.2 a	4.5 ± 0.5 a
Ширина листа, см	3.5 ± 0.2 b	2.0 ± 0.1 a	2.6 ± 0.1 a	2.6 ± 0.2 a	1.6 ± 0.2 a

ЦП-2 размещалась на нижнем ярусе отвала (южная экспозиция), около 20–25-летнего разреженного лесного фитоценоза из *P. sylvestris*, *B. pendula*, *L. sibirica*, на открытых участках *Populus balsamifera* L., *Populus suaveolens* Fisch., *S. caprea*, *Ch. ruthenicus*. Под деревьями отмечалась разреженная травянистая растительность (ОПП 3–5 %) в составе *Orthilia secunda* (L.) House, *Solidago virgaurea* L., *E. atrorubens* на открытой территории встречались *D. zawadskii*, *Dianthus versicolor* Fisch. ex Link, *Thymus talijevii* Klok. & Des.-Shost., *Veronica spicata* L., *R. thyrsoflorus*. На обследованном участке Шиловского отвала произрастало 28 видов растений, видовое богатство – 2.4 вида на 0.25 м². Площадь ЦП составляла около 600 м², распределение растений носило случайный характер. Численность ЦП-2 *E. atrorubens* составила 123 растения, плотность – 0.21 шт./м². Преобладали особи прегенеративного возрастного состояния (58 %). По морфологическим параметрам особи, произрастающие в южной части отвала, имели близкие значения параметра высоты особи (варьировал от 16.5 до 77 см). Меньший размер листа по сравнению с листьями лесных особей *E. atrorubens* согласуется с лучшей освещенностью участка. Особи ЦП характеризовались самыми высокими значениями параметров, таких как длина соцветия (6–34 см), количество цветков (4–47 шт.) по срав-

нению с растениями других участков. Возобновление ЦП семенное и вегетативное, отдельные особи состояли из 2–3 побегов.

Анатольский отвал 5-ти ярусный, площадь его 35 га, высота до 70 м, субстрат сильнокаменистый. Выровненные участки отвала зарастают преимущественно *P. sylvestris*, на нижних частях склонов, обочинах дорог формируются смешанные древостои *P. sylvestris* и *B. pendula*. На Анатольском отвале *E. atrorubens* встречался единичными генеративными особями на верхнем плато, в нижней части отвала произрастал на более освещенных открытых участках, в нижней части откосов и вдоль дорог.

Детально обследована ЦП *E. atrorubens* на уступе 2-го яруса, расположенной с юго-западной стороны отвала, в формирующемся разреженном лесном фитоценозе с доминированием *P. sylvestris*, с участием *B. pendula*, *S. caprea*, *Salix cinerea* L. Возраст деревьев от 20 до 25 лет, сомкнутости крон нет, только местами в группах деревьев. ОПП травяно-кустарничкового яруса 20 %, местами до 80 %. Повсеместно встречались кустарнички и полукустарнички: *Th. talijevii*, *O. secunda*, из трав преобладали *D. zawadskii*, *Lupinaster pentaphyllus* Moench, *C. arundinaceae*, *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *S. virgaurea*, *Hieracium umbellatum* L. В растительном сообществе, формирующемся на берме Анатольского отвала произрастало 22 вида растений, видовое богатство – 5.3 вида на 0.25 м² (от 1 до 9 вида).

Площадь ЦП *E. atrorubens* на уступе составляла около 500 м². Распределение растений ЦП по территории бермы групповое. Численность ЦП составляла 147 растений, плотность – 0.3 шт./м². ЦП – молодая, преобладали особи прегенеративного возрастного состояния (65 %). По морфологическим параметрам особи *E. atrorubens* с Анатольского отвала имели близкие значения с растениями, произрастающими в южной части Шиловского отвала, но в отличие от них вариабельность по некоторым признакам была ниже. Возможно, это указывает на более выровненные условия произрастания на данном участке. Высота побега генеративных особей варьировала от 29 до 74 см, длина соцветия – от 5 до 27 см, количество цветков – от 5 до 42 шт. По сравнению с особями контрольного участка, у растений формировалось большее количество цветков и листьев, но размер листа был меньше. Возобновление ЦП семенное и вегетативное, отдельные особи состояли из 2–8 побегов.

Отвал Южный сформирован 4–5-ти ярусами, высотой до 50 м, площадью – 35 га. Поверхностный слой субстрата уплотненный, сложен мелкими камнями, крупным и средним гравием, что создает крайне неблагоприятные условия для произрастания растений. Были обследованы поверхности уступов 2 и 3 ярусов (северная экспозиция). Рельеф ровный, без навалов глыб. На всей территории формируется низкорослое криволесье с преобладанием *P. sylvestris*, *B. pendula*, *Betula pubescens* Ehrh., единично встречаются подрост и всходы *P. balsamifera*, *P. laurifolia*, *P. suaveolens*, *P. tremula*, *S. phyllicifolia*, *S. caprea*, *S. myrsinifolia*, *S. pentandra*. Высота древесных варьирует от 0.4 у стелющихся форм до 1.5–2 м. Покрытие древесного яруса составляет 30–35 %. Особи *P. sylvestris* имели признаки сильного угнетения: карликовость, слабые прирост и охвоенность и др. Травянистый ярус отсутствовал, но встречаются единичные растения в местах скопления мелкозема (ОПП до 1 %): *E. atrorubens*, *Puccinellia hauptiana* V.I. Krecz., *Festuca rubra* L., *Poa trivialis* L. и *C. epigeios*. На исследуемых участках отвала было зарегистрировано 18 видов растений, видовое богатство – 0.8 вида на 0.25 м².

На Южном отвале особи *E. atrorubens* произрастали группами на поверхности 3 яруса, на откосе вдоль эрозионного следа и на участке намыва мелкозема на 2 ярусе, на площади 120 м². Численность ЦП составляла 21 растение, плотность – 0.17 шт./м². ЦП – молодая, преобладали особи прегенеративного возрастного состояния (86 %). По морфологическим параметрам особи *E. atrorubens* с Южного отвала отличаются меньшими значениями параметров по всем признакам от растений с других отвалов, схожи с особями контрольного участка по длине соцветия и количеству цветков, имеют меньшее количество и размеры листьев. Возобновление ЦП преимущественно семенное.

Наши исследования показали, что общая численность особей *E. atrorubens* на обследованных площадях Шиловском отвале достигала 350 шт., на Анатольском отвале – до 300 шт.,

плотность размещения растений на отвалах варьировала от 0.17 до 0.3 шт./м², в группах от 1.6 до 3.2 шт./м². При изучении морфологической структуры выявлено, что у генеративных особей *E. atrorubens* на отвалах формируется в 1.5 раза больше цветков, чем у особей из естественного леса. Данная особенность имеет большое значение для возобновления, поддержания и устойчивости популяции, и может, на наш взгляд, являться адаптивной реакцией вида к условиям отвала.

Таким образом, *E. atrorubens* может успешно поселяться на ранних стадиях формирования лесной растительности при самозарастании отвалов серпентинитовых пород, образованных при разработке месторождений асбеста на Среднем Урале. Вид занимает различные ниши, встречается на осыпях, вдоль дорог и канав водоотведения, на склоновой поверхности в нижних частях откосов, среди камней. Часто произрастает вблизи стволов *P. sylvestris*, ивовых кустарников и их подроста, в условиях почти полного отсутствия травянистой растительности, приспособившись к специфическим физико-химическим и неблагоприятным агрохимическим свойствам субстрата. Анатольско-Шилдовские отвалы могут служить временными резерватами для сохранения данного вида.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках выполнения государственного задания УрФУ FEUZ-2020-0057; и при частичной финансовой поддержке РФФИ и Правительства Свердловской области в рамках научного проекта № 20-44-660011.

Литература

- Вахрамеева М.Г., Варлыгина Т.И., Татаренко И.В. Орхидные России (биология, экология и охрана). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 437 с.
- Геология СССР. Т. XII. Полезные ископаемые. Пермская, Свердловская, Челябинская и Курганская области. М.: Недра, 1973. С. 459–462.
- Ефимов П.Г. Орхидные северо-запада европейской России (Ленинградская, Псковская, Новгородская области). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 220 с.
- Красная книга Свердловской области: животные, растения, грибы. Екатеринбург: ООО «Мир», 2018. 450 с.
- Мамаев С.А., Князев М.С., Куликов П.В., Филиппов Е.Г. Орхидные Урала: систематика, биология, охрана. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 124 с.
- Янин Е.П. Асбестоносные площади и горные породы как природные источники поступления асбестовой пыли в окружающую среду // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2013. № 5. С. 18–47.
- Adamowski W. Expansion of native Orchids in anthropogenous habitats // *Polish Botanical Studies*. 2006. 22. P. 35–44.
- Bilz M., Kell S., Maxted N., Lansdown R.V. European Red List of Vascular Plants. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011. 145 p.
- Heyde K., Krug H. Orchideen in der Mitteldeutschen Braunkohlen-Bergbaufolgelandschaft. Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Espenhain, 2000. 29 p.
- Shefferson R.P., Kull T., Tali K. Mycorrhizal interactions of orchids colonizing Estonian mine tailings hills // *American Journal of Botany*. 2008. 95(2). P. 156–164.
- Swartz N.D., Dixon K.W. Terrestrial orchid conservation in the age of extinction // *Ann. Bot.* 2009. 104. P. 543–556.
- Filimonova E., Lukina N., Glazyrina M., Borisova G., Tripti, Kumar A., Maleva M. A comparative study of *Epipactis atrorubens* in two different forest communities of the Middle Urals, Russia // *Journal of Forestry Research*. 2019. DOI: 10.1007/s11676-019-01010-y.