

**САМЫКИНА МАРИЯ ВЯЧЕСЛАВОВНА**

**ПРОЦЕССЫ РЕНАТУРАЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ  
КАРБОНАТНЫХ КАРЬЕРОВ НА ПРИМЕРЕ УСТЬ-СОКСКОГО  
(ЗАПАДНОГО) КАРЬЕРА В САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ**

Специальность 03.02.08 – экология (биология)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Работа выполнена на базе кафедры экологии, ботаники и охраны природы  
Федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева» (Самарский университет).

**Научный руководитель:** **Прохорова Наталья Владимировна**  
доктор биологических наук, профессор, профессор  
кафедры экологии, ботаники и охраны природы  
Самарского университета

**Официальные оппоненты:** **Кулагин Андрей Алексеевич**  
доктор биологических наук, профессор, заведующий  
кафедрой экологии и природопользования ФГБОУ ВО  
«Башкирский государственный педагогический  
университет им. М. Акмуллы

**Митрошенкова Анна Евгеньевна**  
кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры  
биологии, экологии и методики обучения ФГБОУ ВО  
«Самарский государственный социально-педагогический  
университет»

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования «Саратовский  
национальный исследовательский государственный  
университет имени Н.Г. Чернышевского» (ФГБОУ ВО  
«СГУ имени Н.Г. Чернышевского»)

Защита диссертации состоится **21 октября 2016 года в 14.00** часов на  
заседании диссертационного совета Д 002.251.02 при Институте экологии  
Волжского бассейна РАН по адресу: 445003, Самарская область, г. Тольятти,  
ул. Комзина, 10; тел. (8482) 489-977; факс: (8482) 489-504. e-mail:  
ievbras2005@mail.ru

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке  
Института экологии Волжского бассейна РАН, на сайте ИЭВБ РАН по адресу:  
<http://www.ievbras.ru> и на сайте ВАК.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук



А.Л. Маленев

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность исследования**

В современном мире вопросы использования природных богатств имеют чрезвычайно важное значение. Особое место занимают нерудные полезные ископаемые, используемые в качестве сырья для производства таких строительных материалов как щебень, песок, гравий, известь, гипс, ангидрит и др. Их добыча более чем в полтора раза превышает добычу всего вместе взятого рудного и энергетического сырья (Курчин и др., 2013).

Так как нерудные ископаемые в большинстве случаев залегают сравнительно неглубоко, промышленные месторождения таких пород в подавляющем большинстве случаев разрабатываются открытым способом. При этом полезные ископаемые извлекаются непосредственно с дневной поверхности земли. Открытые разработки по сравнению с закрытыми обладают рядом преимуществ как в техническом, так и в экономическом отношении, однако существенным недостатком их является значительное негативное воздействие на природные системы. Для преодоления отрицательных эффектов после прекращения разработки месторождения в обязательном порядке должны проводиться рекультивационные работы, при этом повышение эффективности восстановительных мероприятий имеет чрезвычайно важное значение. Данный аспект определяет необходимость подробного изучения процессов, протекающих на территориях, ранее нарушенных горнодобывающей промышленностью. Особое значение имеют комплексные исследования формирующихся на таких участках экосистем. Несмотря на некоторое количество работ, посвященных изучению развивающихся на нарушенных территориях сообществ (Чибрик, Елькин, 1991; Титлянова и др. 1993; Максимова, Абакумов, 2011 и др.), в настоящее время изученность рассматриваемой проблемы недостаточна и требует более глубоких исследований.

На территории Самарской области издавна ведется добыча карбонатного сырья (известняки, доломиты и др.) для производства строительных материалов, что приводит к образованию сильно трансформированных антропогенных ландшафтов, называемых карьерами. До настоящего времени в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья процессы естественного самозарастания (ренатурализации), протекающие в карбонатных карьерах после прекращения добычи, были слабо изучены. Имеющиеся данные касаются лишь отдельных аспектов формирующихся на нарушенной территории сообществ, в частности, состава фитоценозов (Чап, 2011) или содержания в поверхностном субстрате и растительности тяжелых металлов (Прохорова и др., 2011). Комплексно проблема естественной ренатурализации выведенных из эксплуатации карбонатных карьеров в регионе не изучалась, что и определяет актуальность настоящего исследования.

**Целью исследования** является изучение процессов естественной ренатурализации техногенного ландшафта карбонатных карьеров в условиях

лесостепи на примере Усть-Сокского (Западного) карьера в Сокольных горах Самарской области.

Для реализации поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Изучить содержание в формирующемся почвенном покрове карьера основных макро- и микроэлементов, в том числе элементов минерального питания растений.
2. Дать оценку микробиологической активности в почвогрунтах карьера на примере бактерий рода азотобактер, участвующих в круговороте азота.
3. Рассмотреть особенности растительности и локальной флоры, развивающихся на территории карьера.
4. Изучить анатомо-морфологические и биогеохимические особенности березы повислой, произрастающей в карьере.
5. Оценить направленность ренатурализационных процессов в техногенном ландшафте Усть-Сокского карьера.

#### **Научная новизна исследования**

Впервые для территории Самарской области и Среднего Поволжья в целом были осуществлены комплексные исследования процессов ренатурализации в крупном карбонатом карьере, выведенном из эксплуатации без последующей рекультивации. Изучена динамика содержания гумуса, минеральных форм азота, а также основных макроэлементов и некоторых микроэлементов в формирующихся почвогрунтах; дана оценка микробиологической активности изучаемых почвогрунтов; составлены флористические списки и осуществлен биоценотический анализ растительности карьера; рассмотрены особенности морфологического и анатомического строения годичных побегов березы повислой (*Betula pendula* Roth), произрастающей в карьере; на основе гистохимической методики исследована специфика аккумуляции тяжелых металлов в растительных тканях березы, формирующаяся в особых геохимических условиях карьера.

#### **Теоретическая и практическая значимость**

Полученные результаты вносят определенный вклад в развитие теории протекания первичных сукцессий на техногенно нарушенных территориях. Выявлены виды, устойчивые к специфическим неблагоприятным абиотическим условиям карбонатного карьера. Они имеют значение для экологического почвоведения, экологии растений, фитоценологии, биогеохимии и микробиологии.

Проведенные исследования могут служить научной основой для разработки новых технологий рекультивации карьеров по добыче карбонатного сырья в Среднем Поволжье, а также способствовать созданию приемов для ускорения естественных ренатурализационных процессов в карбонатных карьерах.

#### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Почвогрунты, формирующиеся на террасах и днище выведенного из эксплуатации Усть-Сокского (Западного) карбонатного карьера, характеризуются пониженным содержанием органического углерода, большинства макро- и

микроэлементов при достоверно более высокой активности азотфиксирующих бактерий.

2. Растительный покров, сформированный в ходе естественного самозаращения Усть-Сокского карьера, сходен по экоморфному составу с фитоценозами Сокольных гор, но обеднен флористически.

3. Ренатурализация техногенного ландшафта Усть-Сокского карьера проявляется по типу первичной лесной сукцессии на этапе формирования группировок древесных растений с поливидовым доминированием при выраженной фрагментарности травяного покрова.

### **Личный вклад автора**

Автором с учетом рекомендаций научного руководителя определены цель и задачи исследования, его объекты и методы. Полностью самостоятельно выполнена программа полевых и лабораторных исследований, проанализированы их результаты, сформулированы выводы. Текст диссертации написан автором по плану, согласованному с научным руководителем.

### **Апробация работы**

Результаты работы были представлены на X Научно-практической конференции с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем» (Киров, 2012); Научных чтениях памяти Н.Ф. Реймерса и Ф.Р. Штильмарка «Антропогенная трансформация природной среды» (Пермь, 2012); XX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2013» (Москва, 2013); Международной научной конференции, посвященной 140-летию со дня рождения И.И. Спрыгина, «Лесостепь Восточной Европы: структура, динамика и охрана» (Пенза, 2013); V Международной научно-практической конференции «Экологический мониторинг и биоразнообразие» (Ишим, 2013); II международной научно-практической конференции молодых учёных «Индикация состояния окружающей среды. Теория, практика, образование» (Москва, 2013); X Международной научно-практической конференции «Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики» (Тольятти, 2013); Всероссийской научной конференции «Закономерности функционирования природных и антропогенно трансформированных экосистем» (Киров, 2014); V Всероссийской (с международным участием) конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Полевые и экспериментальные исследования биологических систем» (Ишим, 2014); Всероссийской с международным участием научной конференции «Биологические аспекты распространения, адаптации и устойчивости растений» (Саранск, 2014); Межрегиональной научно-практической конференции «Самарский край в истории России» (Самара, 2014); Молодежной научной школы-конференции «Актуальные проблемы экологии Волжского бассейна» (Тольятти, 2015); VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Экологические проблемы промышленных городов» (Саратов, 2015); Всероссийской (с

международным участием) научной школы-конференции «Современные концепции экологии биосистем и их роль в решении проблем сохранения природы и природопользования» (Пенза, 2016).

### **Публикации результатов исследования**

По теме диссертации опубликовано 18 работ, 4 из которых в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

### **Структура и объем работы**

Работа изложена на 173 страницах основного текста и 50 страницах приложения, состоит из пяти глав, содержит 10 таблиц и 68 рисунков, список литературы включает 193 наименования, в том числе 28 на иностранных языках.

### **Благодарности**

Автор выражает благодарность профессору Н.В. Прохоровой за научное руководство и всестороннюю поддержку, профессору Т.И. Плаксиной, профессору А.А. Головлеву, ассистенту Ю.В. Макаровой за оказанную помощь в работе, а также коллективу кафедры экологии, ботаники и охраны природы за научные консультации.

## **ГЛАВА 1. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИСКУССТВЕННОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ И ЕСТЕСТВЕННОЙ РЕНАТУРАЛИЗАЦИИ КАРЬЕРОВ ПО ДОБЫЧЕ НЕРУДНОГО СЫРЬЯ**

На основе анализа литературных источников представлен обзор данных об экологических проблемах открытого способа разработки полезных ископаемых, в том числе нерудного сырья. Рассматриваются вопросы рекультивации карьеров, выведенных из эксплуатации. Обсуждаются особенности естественной ренатурализации нарушенных территорий.

### **ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Район проведения исследований (Усть-Сокский или Западный карьер), находится в западной части Сокольных гор в черте г.о. Самара, на территории его Красноглинского района.

В качестве объектов исследования выступали формирующиеся почвогрунты карьера и растительные группировки, а также годовые побеги и листья произрастающей в карьере берёзы повислой.

Для изучения эколого-биогеохимических особенностей почвенного и растительного покрова Усть-Сокского карьера осенью 2011 г. на территории Сокольных гор был заложен профиль, состоящий из 15 пробных площадей. Линия профиля начиналась на территории жилого массива пос. Красная Глинка, затем пересекала лесной массив южного и северного склона Сокольных гор, проходила террасы и днище карьера и завершалась на равнинном пространстве (Столовый склон) вблизи его западной оконечности. В последующем (2012-2014 гг.) основное внимание уделялось пробным площадям, расположенным непосредственно в границах карьера (в западной, центральной и восточной частях его днища).

Дополнительно были заложены пробные площади в районе естественного озера, в понижении рельефа напротив штолен в центральной части дна и на второй сверху террасе восточной оконечности карьера. В качестве контрольной пробной площади использовался равноценный по размерам участок на незатронутым техногенезом открытом равнинном пространстве (Столовый склон) у западной оконечности карьера (рис. 1).

На всех пробных площадях отбирали образцы почв или почвогрунтов. Листья и побеги березы отбирали из нижней части кроны в конце вегетационного сезона.

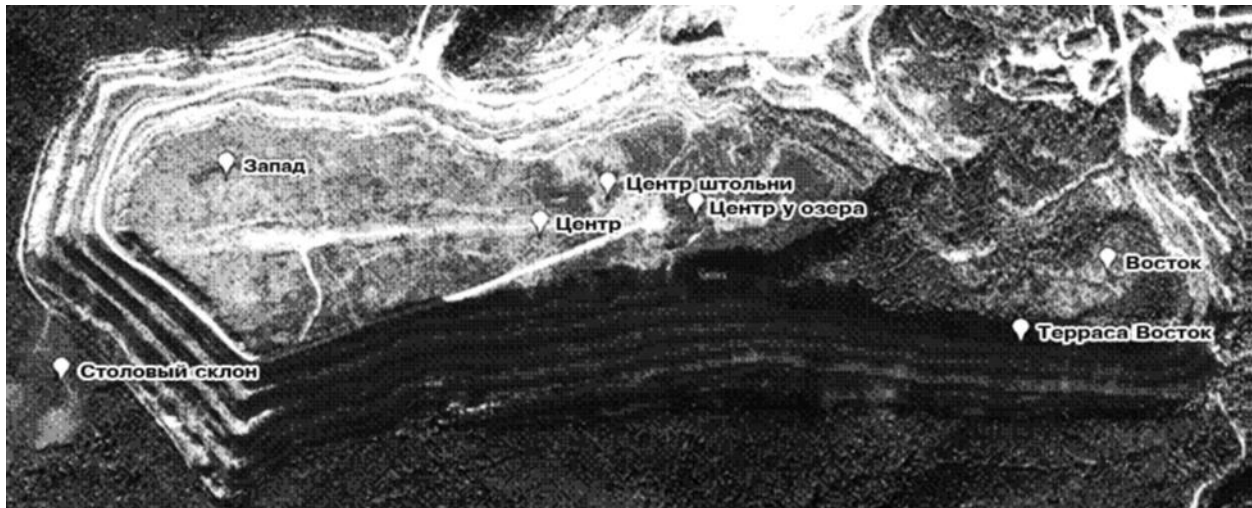


Рис. 1. Расположение пробных площадей на территории карьера.

При исследовании субстрата рассматривались показатели, позволяющие оценить его пригодность для заселения растениями. pH почвы определяли ионометрическим способом; содержание органического углерода – по методу Тюрина в модификации Никитина; определение аммонийного азота проводили с использованием реактива Несслера; для определения нитратов в почве использовали метод Гранваль-Ляжу; определение нитритов в почве осуществляли с использованием реактива Грисса; численность и активность азотобактера оценивали методом почвенных комочков на безазотистой среде Эшби. Определение содержания различных химических элементов осуществлялось в специализированной лаборатории методами атомно-абсорбционного анализа, спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и рентгенофлуоресцентного анализа.

Исследования флоры производились маршрутным методом в весенне-летний период. Для изучения древостоя и травостоя применялись общепринятые методы (Матвеев, 2006). Для оценки состояния произрастающей в карьере березы повислой, являющейся одним из древесных доминантов, использовался метод оценки флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических признаков (Захаров и др., 2000). Также рассматривались: диаметр годовичных побегов, мощность первичной коры, перидермы, флоэмы, ксилемы, механических элементов, площадь сердцевины и специфика лигнификации анатомических структур. Особенности суммарного накопления тяжёлых металлов в годовичных побегах березы выявляли при помощи дитизоновой гистохимической реакции.

Математическая обработка полученных данных проводилась с использованием программы Microsoft Excel и Statistica.

### ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СУБСТРАТА УСТЬ-СОКСКОГО КАРЬЕРА

В целом субстрат Усть-Сокского карьера представляет собой карбонатный мелкозем, формирующийся в результате процессов выветривания вынесенных на дневную поверхность горных пород. Его мощность не превышает 2-5 см. Формирующиеся почвогрунты располагаются фрагментарно, наибольшего развития они достигают в понижениях рельефа. Наиболее активно процесс восстановления почвенного покрова протекает в центральной части днища карьера в районе естественного озера.

Активность почвообразовательных процессов во многом определяется реакцией среды. Все проанализированные образцы имели слабощелочную и щелочную реакцию почвенного раствора, варьирующую в пределах 7,22-8,78 (рис. 2), что, очевидно, связано с высоким содержанием карбонатов в подстилающих почвообразующих породах. Наибольшей величиной показателя рН характеризовались образцы из Усть-Сокского карьера (пр. пл. 7-11, 13, 14). Для ненарушенных почв (пр. пл. 2-5, 12, 15) уровень показателя был несколько ниже и не превышал 8. Почвы городской территории (пр. пл. 1) занимали промежуточное положение.



Рис. 2. Пространственная динамика показателя рН в исследованных почвенных образцах.

Количество органического углерода в почве определяет их плодородие и пригодность к заселению различными организмами. Наибольшее содержание органического углерода (4,03-4,33%) отмечено для почв пробных площадей, расположенных на лесистых склонах Сокольных гор. Его содержание в городских техноземах сопоставимо с аналогичным показателем для восточной части карьера и значительно ниже, чем в ненарушенных почвах, в почвогрунтах основных пробных площадей карьера оно колебалось в пределах 0,25-1,87% (рис. 3). Среднее содержание  $C_{орг}$  в контрольных почвах Столового склона (контроль) было существенно выше и составило в среднем 3,6%.



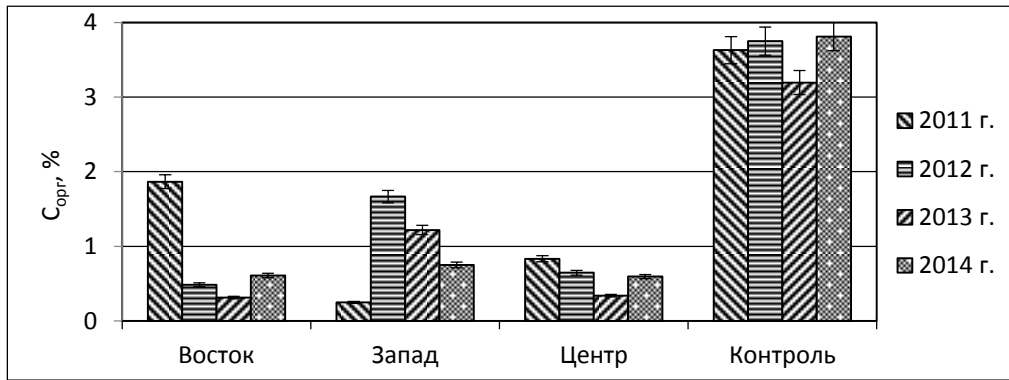


Рис. 3. Динамика содержания органического углерода в исследованных почвенных образцах.

Доступные для растений минеральные формы азота в природе выступают одним из главных лимитирующих факторов их развития. Максимальное количество аммонийной формы азота зафиксировано в ненарушенных почвах Сокольных гор. Содержание  $\text{NH}_4^+$  в почвогрунтах карьера колебалось в пределах 0,74-6,64 мг/кг. Количество  $\text{NO}_2^-$  варьировало от 0 до 2,46 мг/кг. Содержание нитритной формы азота было максимальным в ненарушенных почвах Столового склона. При изучении экологического профиля Сокольных гор наибольшее содержание нитратной формы азота было отмечено для ненарушенных почв лесного массива (до 265 мг/кг). Количество нитратной формы азота в изучаемых почвогрунтах карьера было зафиксировано в пределах 19,27-69,51 мг/кг, что существенно ниже показателя контрольных почв. Содержание минеральных форм азота в урбаноземе сопоставимо с аналогичными показателями для почвогрунтов карьера.

Косвенно обеспеченность почв и почвогрунтов азотом можно оценить по активности азотфиксирующих микроорганизмов. Активность бактерий рода *Azotobacter* максимальна в образцах почвогрунтов Усть-Сокского карьера и значительно превышает аналогичный показатель для лесных почв. Для городских почв уровень активности сопоставим с данными для пробных площадей южного склона Сокольных гор. Процент обрастания комочков почвы при культивировании бактерий рода *Azotobacter* для почвогрунтов карьера на всех участках не опускался ниже 70%, а в целом приближался к 100%. Средний диаметр колоний колебался от 1 до 6 мм. Для контрольного участка процент обрастания комочков почвы в разные годы варьировал от 48 до 95%, а диаметр колоний в среднем не превышал 1 мм.

Помимо азота, для роста и развития растений важно наличие в субстрате ряда макро- и микроэлементов. Относительно ненарушенных контрольных почв в субстрате карьера содержится больше Ca, Mg, P, но меньше K, Si, Al. Среди микроэлементов сходный характер пространственного распределения был выявлен для Ti, Fe, Mn, V, Cr. Максимальные показатели их содержания были установлены в сформированных почвах контрольного участка. Повышенным, но уступающим контролю содержанием данных элементов характеризовались почвогрунты верхней террасы в восточной части карьера и пробная площадь у озера в центральной части

днища карьера. Ni и Cu были относительно равномерно распределены в почвогрунтах изучаемых пробных площадей и сформированных почвах контроля. Наиболее высокие концентрации Ni и Cu характерны для восточной части карьера, что коррелирует с особенностями накопления органического углерода. Содержание Zn в целом также характеризовалось относительно сходным распределением в почвогрунтах разных участков карьера. Исключение составила пробная площадь в центральной части возле озера, где содержание Zn почти в 2 раза превышало показатели остальных пробных площадей. Количество Pb в почвогрунтах карьера максимально на участке возле озера (23 мг/кг), что почти вдвое выше регионального фона (11,95 мг/кг). Близкими к региональному фону были показатели для пробной площади на террасе в восточной части карьера. Небольшое превышение фона выявлено в сформированных почвах Столового склона. Наиболее высокие концентрации Sr были выявлены на пробных площадях в центральной и западной части днища карьера. Содержание данного элемента в почвах контроля было сопоставимо с показателем для восточной части карьера. В почвогрунтах карьера As был выявлен только на террасе в восточной части карьера и в районе озера. В контрольных почвах содержание данного элемента было более высоким, но уступало региональному фону.

Таким образом, на территории карьера сформировались по меньшей мере два аккумулятивных участка (верхняя терраса в восточной части карьера и участок у озера в центральной части его дна), отличающиеся наиболее интенсивным процессом почвообразования и накопления различных химических элементов.

Полученные данные показывают, что определяющую роль в протекании процессов почвообразования играют условия микрорельефа и водного режима. Почвообразовательные процессы наиболее эффективно протекают в понижениях рельефа с более благоприятным режимом увлажнения.

В целом на территории Усть-Сокского карьера идут процессы первичного почвообразования. Особенности и скорость формирования почвогрунтов определяются условиями мезо- и микрорельефа, свойствами подстилающих пород, климатическими особенностями вегетационного сезона, характером растительного покрова. К настоящему времени сформировавшиеся почвогрунты карьера содержат элементы, необходимые для питания растений (минеральные формы азота, другие макро- и микроэлементы, органический углерод и др.). Они, наряду с другими экологическими факторами, оказывают определяющее влияние на видовой состав и плотность растительности Усть-Сокского карьера.

#### **ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА УСТЬ-СОКСКОГО КАРЬЕРА**

Растительность на территории карьера распределена неравномерно. Наибольшая плотность и видовое разнообразие отмечаются в понижениях рельефа, на террасах, в местах складирования мусора. Древостой представлен разновозрастным самосевом березы повислой, тополя черного, сосны обыкновенной

и нескольких видов ивы. Обращает на себя внимание слабое развитие травянистого покрова. В карьере практически отсутствуют участки с сомкнутым пологом растительности, как древесной, так и травянистой.

В Усть-Сокском карьере было выявлено 122 вида сосудистых растений, принадлежащих к 92 родам, 41 семейству, 5 классам и 4 отделам (табл. 1). Сравнение флористического спектра Усть-Сокского карьера с флористическим спектром западной части Сокольных гор (табл. 2) обнаруживает сходство по положению первого (*Asteraceae*), второго (*Rosaceae*) и третьего (*Fabaceae*) доминирующих семейств, что сближает эти флоры. При сравнении флоры Усть-Сокского карьера с флорой Самарской области и Волго-Уральского региона в целом можно отметить совпадение лишь по положению первого (*Asteraceae*) семейства, что может являться следствием специфичности абиотических условий карьера. Таким образом, для локальной флоры Усть-Сокского карьера характерны высокая позиция в спектре сем. *Rosaceae*; присутствие в числе доминирующих по числу видов сем. *Salicaceae*; относительно низкое положение сем. *Poaceae*.

Таблица 1

Соотношение основных систематических групп в локальной флоре  
Усть-Сокского карьера

| Систематическая группа                 | Количество |       |           |       |            |       |
|--|------------|-------|-----------|-------|------------|-------|
|  | семейств   |       | родов     |       | видов      |       |
|  | абс.       | %     | абс.      | %     | абс.       | %     |
| <i>Polypodiophyta</i>                  | 1          | 2,44  | 1         | 1,09  | 1          | 0,82  |
| <i>Equisetophyta</i>                   | 1          | 2,44  | 1         | 1,09  | 2          | 1,64  |
| <i>Pinophyta</i>                       | 1          | 2,44  | 1         | 1,09  | 1          | 0,82  |
| <i>Magnoliophyta</i> ,<br>в том числе: | 38         | 92,68 | 89        | 96,74 | 118        | 96,72 |
| <i>Liliopsida</i>                      | 5          | 12,20 | 9         | 9,78  | 11         | 9,02  |
| <i>Magnoliopsida</i>                   | 33         | 80,49 | 80        | 86,96 | 107        | 87,70 |
| <b>Итого:</b>                          | <b>41</b>  |       | <b>92</b> |       | <b>122</b> |       |

В локальной флоре карьера преобладают многолетние травы – 60 видов (это 49,18% от общего числа видов), среди которых доминируют группы длиннокорневищных, короткорневищных и стержнекорневых трав. На втором месте располагаются деревья (14 видов, 11,48%), третье место делят кустарники, кустарники или деревья и однолетние травы. Они насчитывают по 11 видов, что составляет 9,02% от числа всех выявленных видов. Численность остальных биоморф убывает в ряду: травянистые двулетники, травянистые однолетники или двулетники, полукустарники и полукустарнички, лианы.

По классификации жизненных форм (климаморф) К. Раункиера, во флоре Усть-Сокского карьера преобладают гемикриптофиты (47 видов, что составляет 38,52% от общего числа видов), несколько им уступают фанерофиты (37 видов, 30,33%). Существенно меньше криптофитов (13 видов, 10,66%), терофитов

(11 видов, 9,02%) и хамефитов (9 видов, 7,38%). Всего 5 видов (4,10%) входит в группу гемикриптофитов или терофитов.

Таблица 2

## Сравнительные флористические спектры

| Волго-Уральский регион<br>(Иванова, 2012) | Самарская область<br>(Иванова, 2012) | Западная часть Сокольных гор<br>(Макарова и др., 2012) | Усть-Сокский карьер                         |
|---|--------------------------------------|--|---|
| <i>Asteraceae</i>                         | <i>Asteraceae</i>                    | <i>Asteraceae</i>                                      | <i>Asteraceae</i>                           |
| <i>Poaceae</i>                            | <i>Poaceae</i>                       | <i>Rosaceae</i>  | <i>Rosaceae</i> = <i>Fabaceae</i>           |
| <i>Fabaceae</i>                           | <i>Fabaceae</i>                      | <i>Fabaceae</i>  | <i>Salicaceae</i>                           |
| <i>Brassicaceae</i>                       | <i>Rosaceae</i>                      | <i>Liliaceae</i> =<br><i>Brassicaceae</i>              | <i>Scrophulariaceae</i> =<br><i>Poaceae</i> |
| <i>Cyperaceae</i>                         | <i>Brassicaceae</i>                  | <i>Salicaceae</i> =<br><i>Scrophulariaceae</i>         | <i>Brassicaceae</i>                         |

Из ценоморф преобладают лесные виды (сильванты), совместно с сорно-лесными (сильванты-рудеранты), они насчитывают 47 видов или 38,52% от всей совокупности. На втором месте по встречаемости стоят луговые (пратанты) и сорно-луговые виды (пратанты-рудеранты) (27 видов, 22,13%). На третьем месте, незначительно уступая луговым видам, находятся степные (степанты) и сорно-степные виды (степанты-рудеранты) (25 видов, 20,49%). На территории карьера также отмечаются дичающие из культуры растения (9 видов, 7,38%). Самыми малочисленными оказались сорные – рудеранты (11 видов, 9,02%) и болотные – палюданты (3 вида, 2,46%) виды.

Преимущественное развитие в условиях Усть-Сокского карьера получают мезотрофы – 70 видов, 57,38%. В меньшинстве находятся олиготрофы (15 видов, 12,30%). Достаточно много встречается растений-мегатрофов (33 вида, 27,05%), а также отмечено 4 вида (3,28%) растений-паразитов.

В составе флоры карьера преобладают мезофиты (33 вида, 27,05%). Совсем незначительно им уступают ксеромезофиты (32 вида, 26,23%). На третьем месте находятся мезоксерофиты (21 вид, 17,21%). Несколько меньше ксерофитов (13 видов, 10,66%), и мезогигрофитов (11 видов, 9,02%). Встречаются также гигрофиты (7 видов, 5,74%), ультрагигрофиты (3 вида, 2,46%) и гигромезофиты (2 вида, 1,64%).

Анализ экобиоморфного состава формирующейся флоры Усть-Сокского карьера не дает полного представления о характере и особенностях процесса восстановления растительности. В связи с этим проводились геоботанические исследования. Наибольшее видовое разнообразие травянистых растений отмечено на контрольной пробной площади, где встречается 14 видов из 14 родов и 10 семейств. На пробной площади, расположенной в центральной части карьера напротив штолен, было зафиксировано 7 видов. По 4 вида отмечено на пробных площадях в центральной части карьера и у озера, по 3 вида – на пробных площадях в восточной и западной его частях.

Доминирующими на изучаемых пробных площадях в карьере являются сем. *Asteraceae* и *Poaceae*: они насчитывают наибольшее число представителей (по 6 видов), встречающихся на 5 из 6 пробных площадей. В целом на всех изученных пробных площадях карьера произрастает 16 видов из 15 родов и 7 семейств. Общими для пробных площадей карьера и контрольной пробной площади являются 2 вида – ястребинка волосистая (*Hieracium pilosella* L.) и ковыль Лессинга (*Stipa lessingiana* Trin. Et Rupr.).

На контрольной пробной площади проективное покрытие достигает 85%, а на днище карьера данный показатель изменяется от 3 до 33%. Наиболее изреженный травяной покров с проективным покрытием 3-9% характерен для пробных площадей, расположенных в восточной и западной частях карьера. В его центральной части проективное покрытие травяного покрова составляет от 22 до 33%.

Древесные растения (в том числе в виде подроста) встречаются на всех пробных площадях. Большинство принадлежит к сем. *Salicaceae* (*Populus nigra* L., *P. tremula* L., *Salix caprea* L.), но широко распространены и представители сем. *Pinaceae* (*Pinus sylvestris* L.) и *Betulaceae* (*Betula pendula* Roth). Отличительной особенностью контрольной пробной площади является отсутствие представителей сем. *Salicaceae*, но присутствуют виды из сем. *Aceraceae* (*Acer platanoides* L.) и *Fagaceae* (*Quercus robur* L.). Кроме того, наблюдается значительное отличие видового состава древостоя Усть-Сокского карьера (основные представители – береза, сосна и тополь) и лесного массива Сокольных гор, состоящего в основном из клена платанолистного, липы сердцевидной, осины, дуба и березы.

Несмотря на относительную бедность видового состава локальной флоры Усть-Сокского карьера, на его территории выявлено 8 видов растений, внесенных в красную книгу Самарской области; 5 видов, включенных в список редких и уязвимых таксонов Самарской области, нуждающихся в постоянном контроле и наблюдении. Отмечен боярышник волжский (*Crataegus volgensis* Pojark.), являющийся эндемиком Среднего Поволжья.

Максимально благоприятными для растений в карьере являются участки с более развитым почвенным покровом и достаточным увлажнением. Наибольшее видовое разнообразие отмечается на участках с максимально интенсивным поступлением диаспор (перенос ветром и смывы с почвой из окружающего лесного массива, места складирования бытового мусора и т.д.).

В целом флора Усть-Сокского карьера отличается меньшим разнообразием и несколько иным видовым составом по сравнению с флорой Сокольных гор, что связано с особенностями абиотических условий этой техногенно нарушенной территории. Сходство флористических спектров Усть-Сокского карьера и прилегающей части Сокольных гор, а также результаты экобиоморфного анализа свидетельствуют о том, что проникновение растений в карьер в основном происходит из окружающего лесного массива.

## ГЛАВА 5. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ, АНАТОМИЧЕСКИЕ И ГИСТОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ УСТЬ-СОКСКОГО КАРЬЕРА

Согласно литературным данным (Майдебура, 2006), отрицательное влияние факторов окружающей среды сначала затрагивает ультраструктурные элементы строения растения, а уже затем развиваются видимые признаки повреждения организма. Таким образом, изучение морфологических и анатомических изменений помогает оценить характер и степень влияния различных неблагоприятных факторов.

По результатам предварительных рекогносцировочных исследований (Проخورова и др., 2011) в качестве объекта изучения была выбрана береза повислая (*Betula pendula* Roth), как один из доминирующих на территории Усть-Сокского карьера видов древесных растений.

Площадь листа произрастающих на территории карьера берёз варьировала от 7 до 19 см<sup>2</sup> (рис. 4). Показатели, зафиксированные для контрольной пробной площади, достоверно превышают значения, полученные для территории карьера. Максимальные значения рассматриваемого признака для всех пробных площадей были зафиксированы в 2011 году, что, очевидно, связано с влиянием аномально жаркого лета 2010 года.

Анализ динамики показателя флуктуирующей асимметрии листа выявил тенденцию к увеличению стабильности развития березы повислой в карьере. Наименьшей вариабельностью характеризовались показатели, полученные для контрольной пробной площади. Наибольшая изменчивость была зафиксирована в карьере, особенно в западной его части, где за период исследований отклонения состояния березы от условной нормы снизились с V (критическое состояние) до II (незначительные отклонения от нормы) баллов.

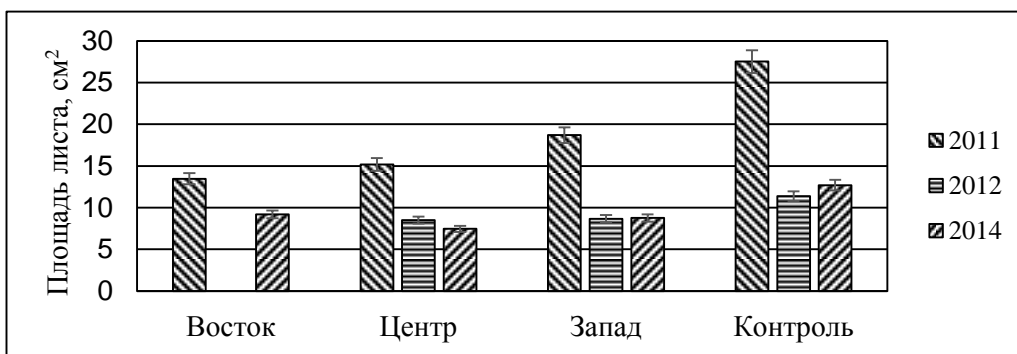


Рис. 4. Динамика площади листа березы повислой.

Наименьшие значения диаметра годовых побегов березы, показателей мощности их эпидермы, феллемы, феллодермы, склеренхимы, флоэмы, ксилемы, площади сердцевины на всех пробных площадях (как опытных, так и контрольной) были выявлены в 2012 году. Для большинства рассматриваемых анатомических структур за некоторыми исключениями характерно постепенное год от года увеличение мощности с максимумом в 2014 году (рис. 5, 6). Наибольшей

вариабельностью характеризовалась мощность ксилемы, что указывает на значимую роль режима увлажнения в карьере.

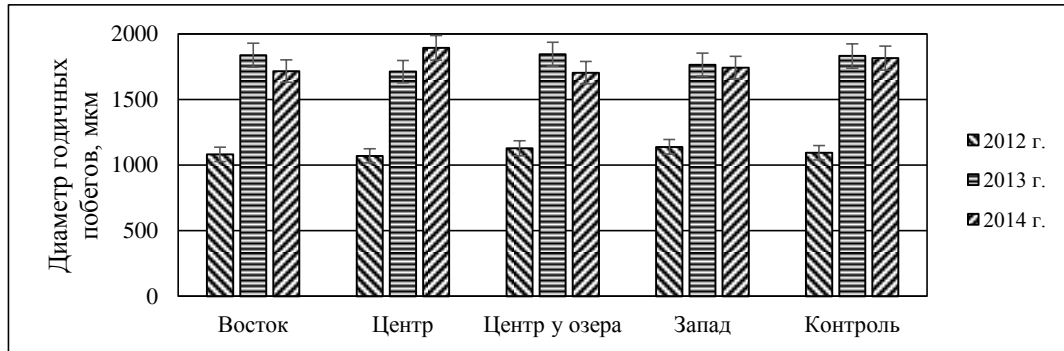


Рис. 5. Средний диаметр годичных побегов березы повислой.

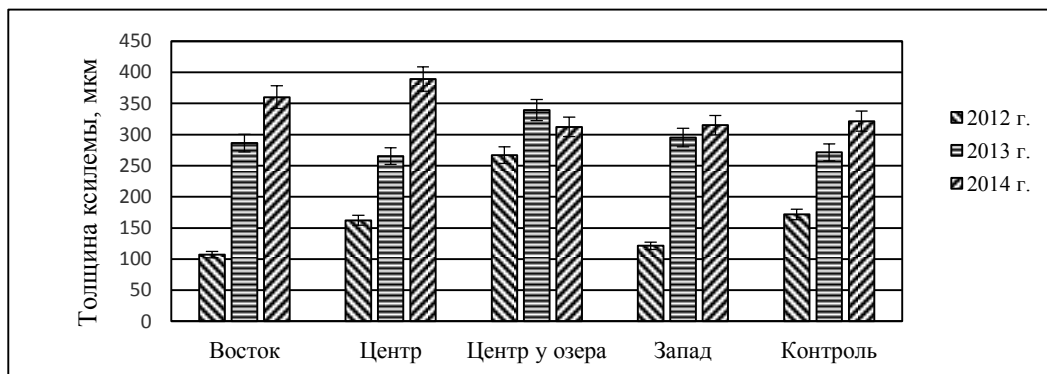


Рис. 6. Средняя мощность ксилемы годичных побегов березы повислой.

Гистохимический анализ показал, что наиболее интенсивно тяжелые металлы накапливаются в феллеме, несколько менее интенсивно в флоэме, еще меньше в феллодерме, сердцевине и ксилеме годичных побегов березы. В склеренхиме тяжелые металлы практически не аккумулируются. Существенное количество тяжелых металлов в пробке перидермы подтверждает их поступление в растения аэрогенным путем. Аккумуляция тяжелых металлов в ксилеме и флоэме свидетельствует о том, что они проникают в растения через корневую систему. Наиболее интенсивное накопление тяжелых металлов в годичных побегах березы отмечено на пробной площади, расположенной в районе озера.

Таким образом, анализ результатов изучения процесса первичного почвообразования, адаптационных реакций растений, особенностей формирования растительных группировок, их флористического и экоморфного состава подтверждает тенденцию ренатурализации экосистемы Усть-Сокского карьера по типу лесного фитоценоза, интенсивность которой зависит от целого комплекса абиотических и биотических факторов.

Полученные результаты позволяют сформулировать некоторые рекомендации для искусственной рекультивации выведенных из эксплуатации карбонатных карьеров в условиях лесостепи Среднего Поволжья:

1). Пригодность карбонатного субстрата для заселения растениями позволяет исключить из рекультивационных мероприятий предварительный этап, связанный с обеззараживанием почвогрунтов.

2). Для интенсификации процесса первичного почвообразования возможно обогащение формирующегося малопродуктивного мелкоземного карбонатного субстрата органическим веществом.

3). Для формирования растительного покрова на элементах техногенного рельефа карьера (террасах, днище) рекомендуется использовать аборигенные виды древесный и кустарниковых растений, имеющих высокий адаптационный потенциал к условиям карбонатных карьеров, установленный настоящим исследованием, это - береза повислая, тополь черный, сосна обыкновенная, некоторые виды ивы.

4). Лимитирующую роль в условиях Усть-Сокского карьера играют условия увлажнения, поэтому для ускорения сукцессионных процессов рекомендуется проводить мероприятия по оптимизации водного режима формирующихся почв и почвогрунтов.

## ВЫВОДЫ

1. Почвы и субстраты всех изученных пробных площадей характеризуются слабощелочной и щелочной реакцией почвенного раствора (7,22-8,99) с максимальным защелачиванием в почвогрунтах Усть-Сокского карьера. Все они содержат органический углерод с максимальными концентрациями в ненарушенных почвах лесных участков южного и северного склонов Сокольных гор (4,03-4,33%), средними концентрациями (3,63-4,32%) на открытых участках, примыкающих к западной оконечности карьера, включая Столовый склон (контроль), а также в урбаноземах, и минимальными концентрациями на пробных площадях в Усть-Сокском карьере (0,25-2,13%).

2. Во всех изученных субстратах карьера выявлены многие необходимые макро- (Ca, K) и микроэлементы (Mg, Al, Si, Ti, Fe, Mn, V, Cu, Zn, Cr, Sr), а также минеральные формы азота (аммонийный, нитритный и нитратный азот), содержание которых достоверно уступает сформированным почвам Сокольных гор и демонстрирует заметную временную и пространственную динамику. На этом фоне активность бактерий рода *Azotobacter* все годы исследований была максимальной в мелкоземном субстрате карьера.

3. Несмотря на расположение в границах г.о. Самара, опасно высоких уровней накопления тяжелых металлов и металлоидов (Mn, V, Cu, Zn, Cr, Pb, Cd, As) в субстратах карьера и почвах прилегающих территорий Сокольных гор не зафиксировано, но гистохимический анализ показал, что на территории карьера металлы активно проникают в покровные ткани годичных побегов древесных растений (березы повислой) аэрогенным путем через кутикулу и чечевички перидермы. Менее интенсивно они поступают с корневым током в структуры ксилемы и, опосредованно, флоэмы. Способность растений поглощать тяжелые



металлы была более выражена в центральной части карьера у озера, что свидетельствует о связи данного процесса с режимом увлажнения.

4. Локальная флора Усть-Сокского карьера насчитывает 122 вида сосудистых растений, принадлежащих к 92 родам, 41 семейству, 5 классам и 4 отделам, что существенно уступает видовому разнообразию окружающего лесного массива западной части Сокольных гор (включающего в себя не менее 229 видов). Их флористические спектры обнаруживают сходство по положению первого (*Asteraceae*), второго (*Rosaceae*) и третьего (*Fabaceae*) доминирующих семейств, но для локальной флоры Усть-Сокского карьера также характерно высокое положение сем. *Salicaceae* и, напротив, относительно низкое положение сем. *Poaceae*. В целом растительный покров карьера существенно разрежен: на изучаемых пробных площадях выявлены низкие показатели проективного покрытия травостоя (3-33%) и бедный видовой состав (от 3 до 7 видов); на участках с преобладанием древесных и кустарниковых растений не наблюдается сомкнутость крон, характерная для сформированных лесных массивов.

5. Специфические условия климата, мезо- и микрорельефа, режима увлажнения, геохимических и почвообразовательных процессов в карьере, низкое по сравнению с ненарушенными почвами содержание элементов питания и их пониженная доступность, занос диаспор, определяемый характером окружающих карьер фитоценозов, объясняют особенности видового фиторазнообразия, интенсивность заселения территории карьера растениями, их общее угнетенное состояние по сравнению с нормой, что выражается в тугорослости, изреженности и несомкнутости крон, мелколистности, хлорозах, фрагментарности травяного покрова.

6. В настоящее время первичная сукцессия в Усть-Сокском карьере идет по типу формирования лесного фитоценоза и находится на последней стадии эцезиса, что проявляется в адаптационных изменениях анатомо-морфологических показателей древесных растений (берёза повислая), подтверждаемых достоверным снижением средней площади листа, относительно слабой динамикой количественных характеристик анатомических структур годичных побегов с наибольшей вариабельностью у ксилемы, указывающей на особую роль режима увлажнения, а также характером варьирования флуктуирующей асимметрии листа березы (от II до V баллов). Признаки первичного почвообразования, интенсивность и направленность адаптационных реакций растений, особенности формирования растительных группировок, их экоморфный состав демонстрирует выраженную тенденцию ренатурализации экосистемы Усть-Сокского карьера.

#### **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

##### ***Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ***

1. Прохорова, Н.В. Эколого-геохимические особенности почв и почвогрунтов западной части Сокольных гор / Н.В. Прохорова, А.А. Головлёв, **М.В. Куликова**

(Самыкина), Ю.В. Макарова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – № 1(8). Т.14. – С. 2061-2063.

2. Макарова, Ю.В. К флоре западной части Сокольных гор / Ю.В. Макарова, Н.В. Прохорова, А.А. Головлёв, **М.В. Куликова (Самыкина)** // Вестник Самарского государственного университета. Естественнонаучная серия. – 2012. – № 9 (100). – С. 191-199.

3. Макарова, Ю.В. К изучению флоры Усть-Сокского карьера / Ю.В. Макарова, **М.В. Куликова (Самыкина)**, Н.В. Прохорова, А.А. Головлёв // Вестник Самарского государственного университета. Естественнонаучная серия. – 2013. – № 3 (104). – С. 161-167.

4. Прохорова, Н.В. Эколого-геохимическая оценка процесса первичного почвообразования в неэксплуатируемых карбонатных карьерах / Н.В. Прохорова, А.А. Головлёв, **М.В. Самыкина** // Вестник Тамбовского государственного университета. – 2014. – Т.19. Вып. 5. – С. 1717-1720.

#### *Публикации в журналах, сборниках и материалах конференций*

5. **Куликова (Самыкина), М.В.** Некоторые морфологические особенности березы повислой (*Betula pendula* Roth) в Усть-Сокском карьере Самарской области / М.В. Куликова // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Киров, 2012. – С. 60-62.

6. **Куликова (Самыкина), М.В.** К проблеме естественной ренатурализации карбонатных карьеров в Среднем Поволжье / М.В. Куликова // Антропогенная трансформация природной среды. Научные чтения памяти Н.Ф. Реймерса и Ф.Р. Штильмарка: Материалы международной школы-семинара молодых ученых. – Пермь, 2012. – С. 167-171.

7. Макарова, Ю.В. Особенности формирования растительного покрова карбонатных карьеров, выведенных из эксплуатации / Ю.В. Макарова, Н.В. Прохорова, А.А. Головлёв, **М.В. Куликова (Самыкина)** // Экологический мониторинг и биоразнообразие. – 2013. – № 1(8). – С. 28-30.

8. **Куликова (Самыкина), М.В.** Некоторые особенности формирующихся почвогрунтов Усть-Сокского карьера в Самарской области / М.В. Куликова // Ломоносов-2013. Секция «Почвоведение»: Материалы XX международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – М., 2013. – С. 65-67.

9. Макарова, Ю.В. Особенности естественного лесовосстановления в карбонатных карьерах Самарской области / Ю.В. Макарова, Н.В. Прохорова, А.А. Головлёв, **М.В. Куликова (Самыкина)** // Лесостепь Восточной Европы: структура, динамика и охрана: Международная научная конференция, посвященная 140-летию со дня рождения И.И. Спрыгина. – Пенза, 2013. – С. 175-177.

10. **Куликова (Самыкина), М.В.** Эколого-геохимические особенности формирующихся почвогрунтов Усть-Сокского карьера Самарской области / М.В. Куликова // Индикация состояния окружающей среды. Теория, практика,

образование: Труды второй международной научно-практической конференции молодых учёных. – М., 2013. – С. 413-416.

11. **Куликова (Самыкина), М.В.** Некоторые итоги изучения процессов ренатурализации антропогенных ландшафтов на примере Усть-Сокского карбонатного карьера / М.В. Куликова // Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики. Актуальные проблемы экологии и охраны окружающей среды: Материалы X Международной научно-практической конференции. – Тольятти, 2013. – С. 241-246.

12. **Самыкина, М.В.** Особенности накопления минеральных форм азота в формирующихся почвогрунтах Усть-Сокского карьера Самарской области / М.В. Самыкина // Закономерности функционирования природных и антропогенно трансформированных экосистем: Материалы всероссийской научной конференции. – Киров, 2014. – С. 137-139.

13. **Самыкина, М.В.** Геохимический мониторинг процесса первичного почвообразования в Усть-Сокском карбонатном карьере Самарской области/ М.В. Самыкина, Н.В. Прохорова, А.А. Головлёв // Полевые и экспериментальные исследования биологических систем: Материалы всероссийской (с международным участием) научной конференции. – Ишим, 2014. – С.76-80.

14. **Самыкина, М.В.** К флоре Усть-Сокского карбонатного карьера Самарской области / М.В. Самыкина // Биологические аспекты распространения, адаптации и устойчивости растений: Материалы всероссийской (с международным участием) научной конференции. – Саранск, 2014. – С. 177-180.

15. **Самыкина, М.В.** К особенностям формирующейся флоры Усть-Сокского карьера (Самарская область) / М.В. Самыкина // Экологический сборник 5: Труды молодых ученых Поволжья. – Тольятти, 2015. – С. 326-330.

16. **Самыкина, М.В.** Некоторые особенности флоры Усть-Сокского карбонатного карьера / М.В. Самыкина // Самарский край в истории России. Природа Самарского края: Материалы Межрегиональной научной конференции. – Самара, 2015. – С. 30-31.

17. **Самыкина, М.В.** Специфика процесса почвовосстановления в Усть-Сокском карбонатном карьере Самарской области / М.В. Самыкина // Экологические проблемы промышленных городов: Сборник научных трудов по материалам 7-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Саратов, 2015. – С. 179-181.

18. Прохорова, Н.В. Изучение процессов естественной ренатурализации техногенных ландшафтов карбонатного карьера в Самарской области / Н.В. Прохорова, **М.В. Самыкина**, Ю.В. Макарова, А.А. Головлёв // Современные концепции экологии биосистем и их роль в решении проблем сохранения природы и природопользования: Материалы Всероссийской (с международным участием) научной школы-конференции, посвященной 115-летию со дня рождения А. А. Уранова. – Пенза, 2016. – С. 277-279.

Подписано в печать 18.07.2016 г. Формат 60×84 1/16.  
Бумага ксероксная. Печать оперативная.  
Объем 1,25 печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № .

Отпечатано в типографии издательства ООО «Инсома-пресс».  
443080, г. Самара, ул. Санфириной, 110А.  
Тел. (8 846) 222-92-40