

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»

На правах рукописи



САМЫКИНА МАРИЯ ВЯЧЕСЛАВОВНА

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

Специальность 03.02.08 – экология

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель

доктор биологических наук, профессор
Прохорова Наталья Владимировна

Самара – 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Глава 1. Некоторые аспекты искусственной рекультивации и естественной ренатурализации карьеров по добыче нерудного сырья.....	8
1.1. Экологические проблемы открытого способа добычи нерудного сырья ..	8
1.2. Искусственная рекультивация антропогенно нарушенных территорий..	13
1.3. Естественная ренатурализация антропогенно нарушенных территории.	17
Глава 2. Условия, объекты и методы исследования	37
2.1. Физико-географическая характеристика района исследований	37
2.2. Объекты и методы исследования.....	51
2.2.1. Объекты исследования.....	51
2.2.2. Полевые исследования.....	52
2.2.3. Лабораторные исследования	55
Глава 3. Результаты исследования субстрата Усть-Сокского карьера.....	63
3.1. Результаты изучения эколого-геохимического профиля Сокольных гор ..	63
3.2. Результаты исследования пространственно-временной динамики рассматриваемых показателей для почвогрунтов Усть-Сокского карьера.....	73
3.3. Содержание некоторых химических элементов в почвогрунтах карьера	79
Глава 4. Особенности формирования растительного покрова Усть-Сокского карьера.....	94
Глава 5. Морфологические, анатомические и гистохимические особенности растительности Усть-Сокского карьера.....	119
5.1. Морфологические особенности листовой пластинки берёзы повислой.	119
5.2. Анатомические особенности годичных побегов березы повислой	123
5.3. Лигнификация (одревеснение) отдельных анатомических структур годичного побега березы повислой.....	131
5.4. Особенности накопления тяжелых металлов в годичных побегах березы повислой.....	134
Заключение.....	140
Выводы	150
Библиографический список.....	153
Приложения	174

ВВЕДЕНИЕ

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 значительных преимуществ как в техническом, так и в экономическом отношениях, 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 отдельным аспектам 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 самозарастания 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 «Гатищевские 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

1.1. Экологические проблемы открытого способа добычи нерудного сырья

Интенсивное и широкомасштабное воздействие человека на природные комплексы, особенно широко развернувшееся на протяжении XX века, вызывает серьезные опасения. Экологические последствия таких мероприятий приводят к необходимости уделять особое внимание вопросам охраны природы, рационального использования природных ресурсов и разработки специальных мероприятий (строго на научной основе) по восстановлению нарушенных в результате антропогенного воздействия территорий.

Особенно значительные нарушения, вплоть до полного уничтожения экосистем на отдельных (и весьма обширных) территориях, наблюдаются в районах функционирования горнодобывающей промышленности.

По существующим экономическим расчетам открытый (карьерный) способ добычи полезных ископаемых, при котором на больших площадях полностью уничтожается природный комплекс, признан наиболее дешевым, поэтому является преобладающим в структуре способов добычи полезных ископаемых (Хохряков, 1996; Жилов, Куценко 1995; Томаков, 2000; Махонина, 2003; Славиковская, 2004; Максимова, Абакумов, 2011). Этот метод добычи издавна используется на значительной части территории Российской Федерации (в том числе в Самарской области). К примеру, подобным образом добывается карбонатное сырье для производства строительных материалов. В настоящее время на территории Самарской области насчитывается около 20 разрабатываемых месторождений осадочных пород (Баранова и др., 2014).

Однако данная технология приводит к целому комплексу экологических проблем.

Её влияние на природные сообщества весьма разнообразно и в целом негативно. В зоне действия карьеров наблюдается заметное ухудшение экологической обстановки. Происходит активное загрязнение воздуха, почв, донных отложений, природных вод, биотического и абиотического компонентов экосистем. При этом может оказываться как прямое (разрушение почвенного покрова, уничтожение растительности, извлечение на поверхность и изменение структуры подстилающих пород и т.д.), так и косвенное (загрязнение, в том числе эоловое, близлежащих земель, нарушение гидрологического режима территории и др.) негативное воздействие (Платонов, Платонов, 2002; Мотузова, Безуглова, 2007; Арустамов и др. 2008; Максимова, Абакумов, 2011).

По имеющимся сведениям территории, пострадавшие при проведении разработок открытым способом, в структуре нарушенных горным производством земель занимают более 40 % общей площади (Певзнер, Костовецкий, 1990).

Открытых способ добычи полезных ископаемых приводит к существенным изменениям в литосфере. Часть их возникает как прямой результат действия механизмов, взрывов, растворяющих веществ с помощью которых осуществляется добыча. Поведение пород, слагающих уступы, борта и отвалы на карьерах зависит от географических, геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических и горнотехнических условий. Как правило, на участке расположения отработанного карьера наблюдаются ландшафтные изменения, нарушается геоморфология, меняются гидрологический и гидрогеологический режимы, происходит загрязнение подземных горизонтов (Горшков, 1982).

Породы, обнаженные при образовании выработок и сгруженные в отвалы, в поверхностном слое подвергаются интенсивному выветриванию.

Этот процесс в умеренном поясе осуществляется с начальными скоростями порядка нескольких десятков сантиметров в год. Однако со

временем, по мере оформления профиля коры выветривания скорость разрушения пород постепенно снижается (Петров, 1994).

Поверхностное преобразование материала отвалов происходит по-разному, в зависимости от их состава и гидротермических условий месторождения. Отвалы, на поверхности которых развиты фитотоксичные породы, могут в течение десятилетий служить ареной физического и химического выветривания. Однако, оставаясь незаселенными растительностью, они служат источником сноса вредных веществ. Ускоренная аккумуляция вещества в районах добычи полезных ископаемых связана как с процессами размыва, так и с высокой мутностью сбрасываемых технологических вод. Осадконакопление идет как в стоячих водоемах на дне брошенных карьеров, так и в русле и на пойме рек. Кроме того, продукты смыва с отвалов в виде шлейфа распространяются на прилегающие к ним земли (Певзнер, Костовецкий 1990). При зарастании отвалов, сложенных рыхлыми дисперсными породами, на них быстро развивается почвенный профиль, лишь по некоторым признакам отличающийся от зонального (Горшков, 1998, Платонов, Платонов 2002).

Стенки выемок и склоны отвалов подвергаются плоскостному и ручейковому смыву. Происходящий при этом вынос различных химических соединений оказывает отрицательное воздействие на почву и урожайность на примыкающих сельскохозяйственных угодьях (Вронский 1996, Певзнер, Костовецкий 1990;).

Отрицательно горные разработки сказываются и на гидросфере. В частности происходит перераспределение гидростатического и гидродинамического давления подземных вод, их дренаж из верхних горизонтов в нижние (Хохряков, 1992). В результате извлечения поверхностных горных пород нарушается фильтрация вод атмосферных осадков в нижележащие горизонты. Усиливается поступления в открытую горную выработку вод из открытых водоемов и водостоков. Также происходит истощение грунтовых вод в районе горных выработок и осушение

поверхностных горизонтов, что сильно влияет на состояние почв, растительного покрова, величину поверхностного стока окружающих территорий и в конечном итоге обуславливает общее изменение ландшафта (Горшков, 1982).

Основными факторами, вызывающими изменения гидрогеологических условий в ареале заброшенного карьера, является обнажение массивов горных пород, вскрытие водоносных горизонтов, предварительное осушение месторождения, карьерный водоотлив, искусственное изменение поверхностного стока, сброс карьерных и технических вод (Горшков, 1982; Хохряков, 1992). Это вызывает изменения условий питания, движения и разгрузки подземных вод, ведет к широкому взаимодействию водопонижительных систем с водозаборами подземных вод, наблюдается нарушение режима малых рек. Изменения условий питания подземных вод приводит к формированию глубоких и достаточно больших по площади депрессионных воронок и изменению качества грунтовых вод. Также изменяется качество подземных вод из-за дополнительного притока сильноминерализованных минерализованных вод из низких горизонтов.

Производство открытых горных работ приводит к снижению уровня грунтовых вод. Неблагоприятные гидрогеологические условия в ареале отработанных карьеров вызывают снижение урожайности сельскохозяйственных культур, уменьшение прироста древесины, высыхание и гибель насаждений (Певзнер, Костовецкий 1990; Горшков, 1998). Гидрологические изменения условий района добычи полезных ископаемых определяются масштабом работ, их горнотехническими особенностями, положением грунтовых вод и др. Обезвоживание земель может приводить к снижению их продуктивности или к полному ее уничтожению в связи с эрозионными процессами.

Большинство воздействий на атмосферу со стороны открытой карьерной выработки происходит на стадии разработки (проведение взрывных работ, экскавации и перемещения транспортных потоков) (Певзнер, Костовецкий

1990; Платонов, Платонов, 2002). Однако и после завершения работ без осуществления соответствующих рекультивационных работ в его ареале будут иметь место такие явления, как сдувание пыли, изменение циркуляции воздушных масс и возникновение застойных аэродинамических зон (Баранова и др., 2014).

В районах расположения карьеров из-за проводимых взрывных работ и выветривания пород наблюдается значительное увеличение запыленности (Bluvshstein et al., 2011). В случае же глубоких карьеров, при глубине выработки более 100 м происходят изменения компонентного состава атмосферного воздуха внутри отработанного карьера (Томаков и др. 1994). Еще одним существенным негативным воздействием на окружающую среду является образование стихийных неорганизованных свалок твердых бытовых и промышленных отходов в выработанном пространстве карьеров, что ещё более ухудшает экологическую обстановку.

Как правило, основным направлением воздействия открытой разработки месторождений нерудных полезных ископаемых выступает прямое уничтожение природных экосистем на локальных участках в пределах горного отвода (Тажетдинова, 2012; Курчин и др. 2013). При этом извлекаются и перемещаются значительные объемы горных пород, нарушается их цельность, появляются крупные полости и пустоты и в результате возникают деформации бортов карьера, оползни и обрушения. В выработках и отвалах активизируются процессы выветривания и миграции химических элементов.

За пределами горного отвода основное воздействие обусловлено увеличением запыленности, выбросами загрязняющих веществ от взрывов, двигателей дорожно-строительной техники и автотранспорта (Тажетдинова, 2012; Курчин и др. 2013). Происходит загрязнение окрестных территорий тяжелыми металлами, нефтепродуктами, строительным и промышленным мусором. Существует риск загрязнения и изменения химического состава подземных вод, подстилающего полезную толщу, в пределах площади отработки запасов и области стока к объектам местной разгрузки (Курчин и др.,

2013). Помимо этого на окружающих район выработки территориях усиливаются процессы эрозии почв, оврагообразования. Чем глубже залегает пласт разрабатываемых горных пород, тем более ярко проявляется негативное влияние разработок нерудного сырья на окрестности карьера (Вохмин и др., 2012).

В конечном итоге на землях выработанных месторождений формируются новые техногенные формы рельефа, кардинально отличающиеся по абиотическим условиям от окружающих ландшафтов. Чаще всего при этом отрицательные формы рельефа чередуются с положительными (Щерба, 2012). Такие территории практически не имеют почвенно-растительного покрова. При отсутствии проведения восстановительных мероприятий нарушенные участки являются источниками загрязнения и дальнейшего увеличения масштабов потери земель (Иванов, Поспехов, 2004). Однако несмотря на все недостатки открытого способа добычи нерудных полезных ископаемых, он продолжает широко применяться в связи с высокой экономической отдачей. В связи с этим возникает необходимость в восстановлении нарушенных территорий, то есть в их рекультивации.

1.2. Искусственная рекультивация антропогенно нарушенных территорий

Рекультивация земель – это комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества (ГОСТ 17.5.1.01-83).

Также рекультивацию можно определить как комплекс различных работ (инженерных, горнотехнических, мелиоративных, сельскохозяйственных, лесохозяйственных и др.), направленных на восстановление продуктивности нарушенных промышленностью территорий и возвращение их в разные виды использования (Моторина, Овчинников, 1975; Чибрик, Елькин, 1991; Дербенцева и др., 2006).

Для оценки пригодности нарушенных территорий к рекультивации особое значение имеют вскрышные породы. Они являются основой первичных экотопов, а также почвообразующей породой для восстанавливающихся почв. В качестве главных признаков пригодности принимаются следующие показатели: рН среды, содержание углерода, гранулометрический состав, биогенность, токсичность (Дербенцева и др., 2006; Resulović, Ćustović 2011). На основании приведенных показателей выделяются пригодные, малопригодные и непригодные к использованию в восстановительных работах породы (Чибрик, Елькин, 1991; Дербенцева и др., 2006).

1). Пригодные породы характеризуются содержанием углерода от 1 до 2 % и более, рН от слабокислого до кислого, водорастворимые соли содержатся в безвредных для произрастания растений количествах. Структура таких почв чаще всего зернисто-комковатая. Такие породы обладают благоприятными гидрологическими свойствами (влагоемкостью, водопроницаемостью и т.д.). К этой группе относят четвертичные отложения, аргиллиты, алевролиты, сапропель, торф низинный. Их можно назвать потенциально плодородными породами.

2). Малопригодные породы отличаются кислой или щелочной реакцией среды, низким содержанием биогенных элементов. Они могут быть представлены суглинками, верховым торфом, глинами со щебнем, галькой, дресвой, гравием, известняком, доломитами, сланцами, песчаниками.

3). Непригодные по физическим свойствам (трудно выветриваемые скальные породы), содержащие токсичные элементы (известняк плотный, крупно-глыбистый). Для рекультивации территорий с этим типом вскрышных пород требуется проведение значительных рекультивационных мероприятий.

Таким образом, для восстановления продуктивных экосистем на вскрышных породах нужно осуществить ряд мероприятий, направленных на приведение свойств данных пород к достаточно благоприятному уровню.

Рекультивация участков, нарушенных в результате добычи полезных ископаемых открытым способом, проводится в 3 этапа (Моторина, 1975):

I этап – подготовительный.

На данном этапе проводится инвентаризация и описание рекультивируемой территории. Собирается следующая информация: сведения об основных загрязняющих веществах и их возможной опасности; данные о природно-климатических условиях, направлении и частоте господствующих ветров, гидротермическом режиме, количестве осадков, характере растительного покрова, гидрологических особенностях, гигиенической обстановке, санитарно-эпидемиологическом состоянии. Итогом подготовительного этапа работы является обследование и типизация нарушенных территорий, изучение специфики условий, определение направления рекультивации.

II этап – горнотехнический.

Производится восстановление нарушенной в результате проведения горных работ поверхности и воссоздание уничтоженного почвенного слоя, и как результат участок подготавливается к различным видам целевого использования. На данном этапе создаются гидротехнические сооружения, способные обеспечить оптимальный гидрологический режим увлажнения; проводится планировка территории (выравнивание откосов, ликвидация последствий усадок, создание противоэрозионных сооружений и т.п.). Затем на подготовленную территорию возвращается гумусовый горизонт (если он складировался и сохранялся) либо гумусовый слой завозится с других территорий.

Возвращение гумусового горизонта на поверхность техногенного ландшафта осуществляется в два этапа. Сначала производят частичное внесение гумусового горизонта слоем 10-15 см и перемешивают его с горной породой, затем гумусовый горизонт наносят до проектной мощности (20-25 см) с последующей планировкой территории.

К создаваемый гумусовый горизонт должен отвечать следующим требованиям: реакция среды близкая к нейтральной; отсутствие химических элементов-загрязнителей (в том числе, радиоактивных), неразложившихся

остатков пестицидов, патогенных микроорганизмов, отходов производства (строительный мусор, бытовые отходы и т.п.).

Результатом данного этапа работ должна быть рационально сформированная поверхность отвалов и карьеров.

III этап – биологическая рекультивация.

На данном этапе рекультивации производится:

- выбор направления использования почв (пашня, сенокос, фруктово-ягодные насаждения, парковая рекреационная зона, лесной массив, охранная защитная противозерозионная зона и т.д.);

- выбор видов растительности, наиболее биологически продуктивных, создающих большую биомассу и обеспечивающих высокую скорость биологического круговорота в данных географических и климатических условиях;

- разработка структуры древесно-кустарниковых насаждений (при необходимости) с учетом биологических особенностей растительности и ее эстетического воздействия на человека;

- воссоздание подстилки при помощи растительности и органических остатков. Также считается целесообразным применение микробиологических препаратов, содержащих штаммы почвенных микроорганизмов, мобилизующих потенциальное плодородие восстанавливаемых почв (Филимонова и др., 2014), либо участвующих в разложении загрязняющих веществ (Satyanarayana et al., 2012).

В качестве растений, перспективных для рекультивации чаще используются виды с высоким адаптационным потенциалом, экологической пластичностью и мелиоративным эффектом. Выделяется 3 группы растений, рекомендуемые в качестве фитомелиорантов: 1) растения, обладающие способностью к симбиотической фиксации молекулярного азота; 2) растения, проявляющие солевой эффект; 3) злаки с мощной корневой системой (Агурова, Прохорова, 2011).

Конечным итогом данного этапа должно быть восстановление плодородия и биологической продуктивности нарушенных земель, создание сельскохозяйственных, лесохозяйственных либо иных угодий, заселение сформированных сообществ животными (Чибрик, Батулин, 2003; Лотош, 2007; Арустамов и др., 2008).

Таким образом, окончательной целью рекультивации является создание полноценных, устойчивых, продуктивных экосистем на техногенно трансформированной территории. Эффективность и завершенность третьего этапа рекультивации будет зависеть от качества работ первого и второго этапов (Дербенцева и др., 2006).

1.3. Естественная ренатурализация антропогенно нарушенных территорий

В связи с разнообразием и сложностью техногенных ландшафтов комплексное исследование каждой техногенно трансформированной территории (I этап) достаточно затратно в финансовом и ресурсном плане, что значительно снижает экономическую эффективность рекультивационных мероприятий. В связи с этим в настоящее время представляется целесообразным максимальное использование естественного регенерационного потенциала нарушенных экосистем для восстановления ресурсных и экологических функций нарушенных территорий. Подобный подход предполагает преимущественное использование природных механизмов восстановления потенциала экосистем и контролируемое человеком возвращение природного режима функционирования сообществ (Лисецкий и др., 2005; Голеусов, Лисецкий 2009).

При реализации подобного подхода целесообразным является изучение процессов естественного восстановления (ренатурализации) антропогенно нарушенных территорий с целью использования полученных данных при проведении рекультивационных мероприятий на территориях, располагающихся в географически и климатически сходных районах. В этом

аспекте особый интерес представляют участки, на которых после завершения работ по добыче полезных ископаемых не проводились работы по рекультивации и на протяжении известного отрезка времени протекали процессы естественного восстановления.

Возможность ренатурализации определяется устойчивостью системы – способностью противостоять внешним нагрузкам и возвращаться к исходному или близкому к исходному состоянию, если сохранилась потенциальная возможность (Исаенко, 2013). Конкретный характер и скорость восстановительных процессов зависят от зональной, региональной и провинциальной специфики (Зональные типы биомов России ..., 2003).

Ренатурализация карьеров как антропогенно нарушенной территории с практически полностью уничтоженным почвенным покровом включает в себя как первичное (рецентное) почвообразование, так и заселение заброшенной территории пионерными видами (Голеусов, Лисецкий, 2009). Изучение этих двух взаимосвязанных процессов представляется чрезвычайно важным при рассмотрении самовосстановления экосистем.

В сформировавшиеся экотопы из окружающих зрелых экосистем поступают разнообразные диаспоры растений (начинается так называемое «давление жизни») и начинаются сукцессионные процессы (Голеусов, Лисецкий, 2009). При этом будет происходить изменение видового состава и замещение в растительном сообществе одних доминантов другими. Характер смены растительности (их скорость, направленность и т.д.) будет варьировать в зависимости от типа сукцессии, полночленности экосистемы, ее положения в рельефе и вида антропогенной нагрузки.

Сукцессии подразделяются на два типа — первичные и вторичные (Уиттекер, 1980; Одум, 1986). Первичной сукцессией называется развитие экосистемы от нулевого состояния, когда на рассматриваемой территории формируются все компоненты – растительное и животное сообщества, комплекс микроорганизмов, почва. В ходе первичной сукцессии создаются

запасы зеленой фотосинтезирующей фитомассы и подземных органов, включающих корни, корневища, луковицы, клубни.

Под вторичной сукцессией понимаются такие смены, когда нарушены один или несколько компонентов и экосистема возвращается в исходное состояние или трансформируется в каком-либо новом направлении (Уиттекер, 1980; Одум, 1986).

Стоит отметить, что в естественных условиях все элементы ренатурализации развиваются параллельно и чрезвычайно тесно связаны друг с другом. Однако для более глубокого понимания протекающих процессов удобнее рассматривать их отдельно. В первую очередь обнажившийся субстрат заселяется микроорганизмами, которые подготавливают условия для заселения растительностью. Растения в свою очередь выполняют средообразующую роль, обогащая субстрат питательными элементами и энергетическим материалом (Мухоморов, Аникина, 2012). И наконец, в результате деятельности пионерных видов восстанавливается почвенный покров, позволяющий заселить территорию более широкому спектру живых организмов. Таким образом, развитие сукцессионных изменений удобно рассматривать с точки зрения этих трех компонентов.

Сукцессии сообществ микроорганизмов

Большое значение (особенно на первых этапах сукцессии) имеют процессы формирования микрофлоры (микробиоты) на нарушенных территориях. Микроорганизмы способствуют превращению материнских пород в почвенный мелкозем, то есть участвуют в формировании почв с первых этапов их становления (Мишустин, 1975).

Содержание бактерий во вскрышных породах нельзя считать богатым как в количественном, так и в качественном отношении в сравнении с зональными и молодыми почвами (Титлянова и др., 1993). В то же время эти породы не являются стерильными и достаточно обсеменены микроорганизмами (Звягинцев, 1973; Аристовская, 1980).

Присутствие во вскрышных породах микробных клеток, их способность переходить в активное состояние свидетельствуют о наличии в этих субстратах микросред, пригодных для жизнедеятельности микроорганизмов, и о принадлежности осадочных пород, по выражению В.И. Вернадского, «к области былых биосфер» (цит. по Титлянова и др., 1993).

Таким образом, одним из источников поступления микроорганизмов в восстанавливающиеся экосистемы являются сами обитатели глубинных пород, извлеченные на дневную поверхность (Barton, Northup, 2011). Однако этот путь не является основным и не определяет ход формирования микробного комплекса.

Основная связь между нарушенными и ненарушенными компонентами ландшафта происходит через атмосферу с воздушными массами и последующим выпадением на поверхность с атмосферными осадками и в виде пылевых масс. Эоловая пыль в миграционных потоках рассматривается как биологически обогащенный компонент обратной геохимической связи, идущей через атмосферу (Глазовская, Добровольская, 1984). Также на микроорганизмы могут заноситься проникающими на нарушенную территорию животными (Barton, Northup, 2011).

Стоит отметить, что степень приживаемости привнесенных микроорганизмов различна и зависит от многих факторов в основном от температуры, влажности и свойств субстрата (Полянская, 1996). К примеру, селективными для колонизирующих микроорганизмов будут физические свойства субстрата. Одним из лимитирующих для микроорганизмов факторов также является влажность. Она оказывает влияние на распределение микроорганизмов в формирующейся экосистеме и влияет на их видовой состав (Аристовская, 1980). Кроме того, в зависимости от химического состава субстрата будет осуществляться отбор микроорганизмов по трофическим потребностям. На субстратах, лишенных органического углерода (речной песок, вулканические пеплы), формирование микробного комплекса начинается с заселения олиготрофными микроорганизмами. При наличии во вскрышных

породах органического углерода среди первых колонизаторов будет увеличена доля гетеротрофных микроорганизмов (Андреюк и др., 1989).

Наиболее активно техногенно нарушенные территории заселяют микроорганизмы, использующие неорганический азот (Barton, Northup, 2011). Это может быть связано с присутствием во вскрышных породах неорганического азота в доступной форме. Меньшее количество олиготрофных микроорганизмов, вероятно связано с отсутствием на первом этапе в экосистеме гумуса. Стоит отметить, что количество микроорганизмов, использующих неорганический азот, достигает уровня зональной почвы в течение первого года и в дальнейшем меняется незначительно (Титлянова и др., 1993).

В целом с атмосферными потоками не только распространяются микроорганизмы, но и происходит обеспечение абиогенной среды органическими и минеральными веществами, что, в свою очередь, имеет значение для формирования и развития молодых почв (Аристовская, 1980).

С течением времени количество микроорганизмов, составляющих разные трофические группы, возрастает. При этом численность микроорганизмов, развивающихся за счет органического азота, может достигать уровня зональной почвы и даже превышать его, а группа олиготрофов увеличивается, но, как правило, остается ниже, чем в зональных зрелых почвах. В дальнейшем численность микроорганизмов приближается к уровню зональной почвы. При этом число микроорганизмов возрастает параллельно с увеличением количества углерода в почве (Rattan, Bruce, 2012).

Микроорганизмы не только разрушают растительные и животные остатки, но и формируют новые органические вещества, в том числе гуминовые соединения (Мухоморов, Аникина, 2012). Таким образом именно благодаря микрофлоре происходит, с одной стороны, активная биodeградация органических веществ, а с другой – формирование новых химических соединений (Яшин и др., 2001).

В целом можно отметить, что скорость заселения нарушенной территории микроорганизмами выше в начальный период формирования почвы, и заселение субстрата микроорганизмами происходит быстро (в течение нескольких месяцев) (Титлянова, 2009), однако сообщество микроорганизмов включает в себя виды, сильно отличающиеся друг от друга по различным параметрам (отношение к кислороду, тип питания и т.д.) и соответственно их влияние в формирующейся экосистеме неравнозначно (Barton, Northup, 2011). Таким образом, формирование комплекса микроорганизмов, соответствующего зональной почве – процесс длительный, зависящий от состава субстрата, увлажненности и ряда других факторов.

Формирование фитоценозов на техногенно нарушенных территориях.

Сукцессии, протекающие в местах с полностью уничтоженным почвенным покровом, как правило, относят к первичным (Уиттекер, 1980). В эту категорию попадают и антропогенно спровоцированные сингенетические сукцессии техногенных экосистем. Первичные сукцессии характеризуются медленной (по сравнению с вторичными) сменой растительных ассоциаций, сдерживаемой необходимостью формирования почвы – залога устойчивости фитоценозов. Однако некоторые исследователи полагают, что такое понимание первичных сукцессий соответствует лишь заселению плотных субстратов или фитотоксичных горных пород (то есть пород второй и третьей группы: малопригодных и непригодных), а рыхлые техногенные субстраты (то есть породы первой группы) бывают вполне пригодны для заселения растениями, а некоторые горные породы можно даже рассматривать как «предпочвы», обладающие первичным плодородием (Лисецкий и др., 2005).

Формирование фитоценозов техногенных ландшафтов определяется сложным взаимодействием зонально-климатических и конкретных экологических условий. Наиболее важными, в большинстве случаев лимитирующими, являются эдафические условия (Чибрик, Елькин, 1991; Лисецкий и др., 2005). К значимым для формирования фитоценоза свойствам субстрата относятся первичное плодородие, наличие токсичных веществ,

водоудерживающая способность, гранулометрический и химический состав (Алексеева-Попова, 2011) и др. Оказывают влияние и другие факторы, такие как степень увлажнения биотопа, положение в рельефе, которое определяет экспозицию склона (Сумина, 2013), его освещенность, развитие эрозионных и других экзодинамических процессов (обвалов, оползней, осыпей и т.п.) (Чибрик, Елькин, 1991; Лисецкий и др., 2005).

Сукцессия фитоценозов проявляется как в направленном изменении видового состава, так и в формировании определенной организации растительного покрова. Скорость протекания сукцессионных процессов различна и зависит от множества разнообразных факторов (географических, климатических, антропогенных и т.д.).

На ранних стадиях становления регенерационных экосистем протекание восстановительных процессов определяется исходными абиотическими условиями новых экотопов. Определяющим фактором на данном этапе являются свойства субстрата (вскрышной породы), от них во многом зависит исходный состав пионерных сообществ. По литературным данным поступление диаспор различных видов растений не является лимитирующим фактором, так как при сравнении первичного (семена растений попадали на нарушенную территорию из окружающей среды) и вторичного зарастания (семенной фонд находился в субстрате) число видов, отмеченных за 3-летний период описания, различалось незначительно (Титлянова и др., 1993, Миронычева-Токарева, 1996).

Фитоценотические группы, характерные для начальных стадий сукцессии, чаще всего включают сорные виды, залежные (доминирующие на промежуточных стадиях), и терминальные, т.е. виды, слагающие зональные ненарушенные сообщества (степные, луговые, лесные, лесостепные и т.д.) (Титлянова и др., 1993; Лисецкий и др. 2005). Однако, и по количеству видов, и по их соотношению в фитоценозе сукцессионные фитоценозы на данном этапе далеки от окружающих зрелых сообществ (Чибрик, Елькин, 1991).

Как по числу видов, так и по видовому составу экосистемы, развивающиеся на разных участках техногенно трансформированной территории, наиболее близки друг к другу именно на первых стадиях сукцессии. С течением времени происходит обособление сообществ внутри экосистемы в зависимости от условий микрорельефа. Рельеф новообразованных поверхностей способствует пространственным особенностям регенерационных процессов: их концентрации и ускорению в наиболее благоприятных условиях (понижения) и относительному отставанию в менее благоприятных (склоны) (Чибрик, Елькин, 1991; Титлянова и др., 1993)

На более продвинутых стадиях сукцессии происходит формирование сомкнутых сообществ со значительным участием рудеральных видов. Однако в структуре биоценозов намечаются тенденции формирования более устойчивого состава. В целом независимо от встречаемости конкретных видов общее направление развития растительных сообществ проявляется в снижении участия сорных видов и повышении участия видов, характерных для терминальных стадий сукцессии. В зооценозах преобладают виды-доминанты фоновых экосистем. На данном этапе происходит реализация первичного плодородия субстрата: происходит быстрый рост биомассы сообществ, усиление поступления органического вещества в почву, что способствует ускорению ее формирования (Лисецкий и др. 2005).

Следующий этап в развитии молодых экосистем связан с интенсивным развитием почвы. В составе фитоценозов происходит замена рудеральных видов на виды климаксных сообществ. Доля разнотравья в ходе сукцессий остается относительно постоянной, но видовой состав этой группы изменяется в сторону преобладания «климаксных» видов. На этой стадии сукцессии в экосистеме резко снижается динамичность и меняется направленность формирования видового состава: преобладают в основном процессы обогащения терминальными, климаксными видами. Количество выпавших видов может превышать число внедрившихся (Титлянова и др., 1993; Лисецкий

и др. 2005). Таким образом полное соответствие ренатуризованного ландшафта естественному возможно далеко не всегда (Исаенко, 2013).

Далее происходит относительная стабилизация регенерационных процессов. Биоценозы приобретают устойчивую структуру, их видовая структура (при несколько более низком биоразнообразии) представляет основные варианты зрелых зональных экосистем. Происходит стабилизация биомассы сообществ, замедление почвообразовательных процессов. Дальнейшее развитие новообразованных экосистем происходит в режиме медленного роста структурных показателей (Титлянова и др., 1993; Лисецкий и др. 2005;).

При рассмотрении состава развивающихся на нарушенных территориях флор можно выделить некоторые закономерности. Главенствующую роль в формирующихся фитоценозах играют покрытосеменные растения, из них преобладают двудольные. Наиболее многочисленны виды трех важнейших семейств: сложноцветных (*Asteraceae*), злаковых (*Poaceae*) и бобовых (*Fabaceae*). Наиболее разнообразны по видовому составу роды *Artemisia*, *Potentilla*, *Poa*, *Trifolium*, *Polygonum*, *Plantago*. Для некоторых родов прослеживается четкая зависимость видового разнообразия от зонального положения. От степной к лесной зоне увеличивается число видов в родах *Poa*, *Polygonum*, *Lathyrus*, *Trifolium* и заметно уменьшается в родах *Astragalus*, *Artemisia*, *Centaurea*, *Inula* (Чибрик, Елькин, 1991).

По имеющимся данным в лесостепной зоне в фитоценозе преобладают ксерофиты. Несколько меньше мезофитов и ксеромезофитов. Также существенна доля видов ксерофитной группы (суммарно мезоксерофиты и ксерофиты). По жизненным формам абсолютное и относительное преобладание принадлежит гемикриптофитам, на втором месте стоят терофиты. По способу распространения семян преобладают гемианемохоры и анемохоры. Анализ флор техногенных объектов по соотношению ценологических групп показывает большую степень участия сорных и луговых и лугово-степных видов. В процентном отношении в флористическом составе сообществ техногенных

ландшафтов преобладают многолетники, обратное явление может наблюдаться лишь на самых ранних стадиях их формирования. В последнем случае однолетники часто доминируют (преобладают численно, по проективному покрытию и массе) (Чибрик, Елькин, 1991).

Не все изменения в видовом составе носят строго линейный характер. Кроме устойчиво появившихся и устойчиво исчезнувших присутствуют флуктуирующие виды, которые то появляются, то исчезают. Таким образом, динамика видового состава вызывается как флуктуационными, так и сукцессионными изменениями. Следовательно, в динамике видового состава формирующихся фитоценозов ощутима роль случайных факторов. Однако сукцессия в фитоценозах детерминирована, несмотря на некоторую роль случайных факторов, проявляющихся в конкретном видовом составе фитоценоза в определенное время на данном участке (Титлянова и др., 1993).

Конкретный механизм сукцессионных изменений пока окончательно не ясен. Однако обращает на себя внимание наличие уже на ранних стадиях совокупности устойчивых видов, из которых в дальнейшем формируются доминанты, которые увеличивают свое обилие после отмирания ранне-сукцессионных видов. Терминальные и залежные виды (будущие доминанты) присутствуют в сообществе уже на ранних стадиях сукцессии, пионерные же виды выпадают не в результате конкуренции, а в связи с особенностями циклов их развития и по внешним причинам. Таким образом, сукцессия отвечает механизмам укрепления более адаптированных и долгоживущих видов, т.е. модели ингибирования (Connel, Slatyer, 1977; Титлянова и др., 1993).

В целом, несмотря на то, что фитоценозы техногенных ландшафтов в большинстве своем имеют обедненный видовой состав и упрощенную структуру их изучение представляется чрезвычайно важным для раскрытия закономерностей изменений растительного покрова в ходе сукцессий.

Главнейшим фактором закономерного и направленного сукцессионного развития является наличие с первых же стадий совокупности видов, принадлежащих к терминальным и залежным и отличающихся высоким

обилием в зональных сообществах. При общей детерминированности сукцессионного процесса роль случайных факторов велика в проявлении видового состава фитоценоза в определенное время на конкретном месте. В число таких случайных факторов входит и колебание погодных условий, особенности микрорельефа и др. В то же время в формировании структуры сообщества роль случайных факторов проявляется значительно меньше (Титлянова и др., 1993).

Характер изменения численности видов в формирующихся сообществах в ходе сукцессии непредсказуем, так как он определяется целой совокупностью факторов, часть которых меняется случайным образом. Количество организмов на разных стадиях сукцессии может быть выше стационарного уровня в несколько раз. Несмотря на резкие изменения численности сообщества, общая его биомасса в ходе сукцессии увеличивается. Видовое богатство либо повышается, либо с самого начала устанавливается на уровне, близком к стационарному. Уже на ранних стадиях сукцессии во все сообщества включаются виды, складывающие терминальные ценозы.

Одним из факторов, определяющих протекание сукцессий, является скорость поступления и качественного состав даиаспор, которые в свою очередь определяются близостью ненарушенных территорий. В связи с этим формирование стационарного состояния можно значительно ускорить искусственным посевом семян растений климаксных сообществ, особенно если предварительно уничтожить раннесукцессионные виды (Онипченко, 2014).

Численность и число видов компонентов экосистемы достигают стационарного уровня гораздо раньше, чем устанавливается окончательная видовая структура сообщества с ее иерархией доминантов, субдоминантов, часто и редко встречающихся видов (Чибрик, Елькин, 1991; Титлянова и др., 1993).

Вышеизложенное позволяет заключить, что хотя каждое сообщество характеризуется специфическим протеканием сукцессионного процесса, и пути

достижения стационарного состояния в разных сообществах различны, прослеживаются и некоторые общие тенденции.

Процессы почвообразования на техногенно трансформированных территориях.

Почвенные сукцессии являются важным элементом динамики биогеоценозов нарушенных ландшафтов (Иванов, 2015). Именно к физическим и химическим свойствам почв адаптируется растительность (Bohn et al., 2001; Добровольский и др., 2011).

Изучение процессов почвообразования на техногенно нарушенных территориях представляет интерес в аспекте рассмотрения формирующихся почв как модели, позволяющей проследить формирование почв практически с "нуль"-момента – выхода материнских пород на дневную поверхность (Процессы почвообразования..., 1985; Титлянова и др., 1993; Лисецкий и др., 2005; Голеусов, Лисецкий, 2009). В различных природно-климатических условиях характерное время для формирования конкретного свойства почвы может существенно различаться в зависимости от интенсивности протекающих процессов.

В первую очередь стоит отметить, что почвы являются медленно развивающимися природными объектами. Скорость почвообразовательных процессов существенно ниже, чем гидрологических и биологических, но выше, чем геологических (Александровский, Александровская, 2005). Сущность процессов почвообразования определяется как взаимодействие процессов синтеза и распада органических веществ при формировании почв (Мухоморов, Аникина 2012).

Условия начального этапа почвообразования могут в дальнейшем определять характер развития почв в течение длительного времени (Геннадиев, 1990). Одним из основных факторов в развитии почв являются элементы рельефа, причем с усложнением его организации роль данного фактора в развитии почвенного покрова непрерывно возрастает (Bardgett, 2005; Иванов, 2015). На начальных стадиях почвообразования также немаловажное значение

имеют физические и химические свойства вскрышных пород, а также климатические условия конкретного района. За абиогенной трансформацией субстрата вскрышных пород следует увеличение влияния биогенного фактора на процессы почвовосстановления (Bohn et al., 2001; Максимова, Абакумов, 2011).

Формирование почвенного покрова в техногенных экосистемах тесно связано с развитием фитоценозов. Начало почвообразования в техногенных ландшафтах, как правило, совпадает со стартом восстановительных сукцессий биоты (Лисецкий и др., 2005). На склонах отвалов новообразованные почвы приурочены к хорошо задернованным плоским и низменным участкам и основанию склонов. Степень развития почвенного покрова возрастает по мере снижения крутизны склона и роста биомассы фитоценозов. В верхней трети склонов почвенный покров, как и растительные ассоциации, выражен фрагментарно.

Первичным процессом восстановления почв является гумусонакопление. С накоплением и трансформацией гумуса в молодых почвах техногенных ландшафтов связаны такие процессы, как: биохимическое выветривание минеральной части почвы, мобилизация элементов питания растений, предотвращение их потери за счет накопления коллоидной органико-минеральной части почв, дифференциация эмбрионального профиля на горизонты, формирование поверхностных свойств почв, структурообразование, дезинтеграция почвенной массы, развитие функциональной активности сообществ и изменение численности микроорганизмов, оптимизация водно-физического режима и т.д. (Абакумов, Гагарина, 2002; Максимова, Абакумов, 2011). На начальных стадиях почвообразования свойства почв зависят в основном от количества органического вещества и темпов его накопления. С течением времени гумус подвергается более глубокой трансформации, увеличивается степень педогенной неоднородности почвенного профиля за счет формирования системы обособленных генетических горизонтов.

Накопление гумуса в почве регулируется балансом двух противоположно направленных процессов — гумификации растительных остатков и минерализации гумуса. Чем выше интенсивность процесса гумификации и ниже интенсивность минерализации гумуса, тем больше гумуса накапливается в почве (Berg, McClaugherty, 2008). На разных стадиях почвообразования интенсивность этих процессов может значительно различаться, что приводит к неравномерности гумусонакопления во времени (периоды интенсивной гумификации чередуются с периодами активной минерализации гумуса). Стационарного уровня, характерного для зональных почв, в первую очередь достигают поверхностные слои, а затем нижележащие (Титлянова и др., 1993). Образование и накопление гумуса наиболее интенсивно протекает в самых поверхностных слоях почвы на границе с подстилкой; где создается наивысшая концентрация продуктов минерализации и гумификации растительных остатков. Также некоторые исследователи показали, что процессы гумификации наиболее интенсивно протекают в верхнем слое почвы мощностью 1-2 мм, где сосредоточена основная масса микроорганизмов, осуществляющих разложение и гумификации растительного опада (Трофимов, 1986).

Формирование почв в техногенных ландшафтах, расположенных в различных биоклиматических условиях, сопровождается разными темпами накопления органического вещества. При этом прослеживается общая тенденция:

а) начальные стадии почвообразования характеризуются ускоренным накоплением органического углерода или углерода органических веществ ($C_{орг}$) в верхнем слое почвы;

б) с увеличением возраста почв темпы накопления органического вещества в них замедляются.

Снижение скорости гумусонакопления во времени связано с процессами экосистемного уровня. К ним относятся поступление органического вещества в почву и его трансформация (гумификация и минерализация). В тот момент,

когда эти процессы уравниваются, скорость гумусонакопления замедляется и содержание органического вещества в почве остается на постоянном уровне (Титлянова и др., 1993; Максимова, Абакумов, 2011).

Можно предположить, что такой специфический характер накопления органического вещества связан с постепенным приближением техногенных экосистем, компонентом которых являются исследуемые почвы, к стационарному состоянию. Особенностью накопления органического вещества в формирующихся почвах техногенных экосистем также является высокая вариабельность темпов и скорости данного процесса, что является следствием специфики формирующихся экосистем.

На основании литературных данных можно сделать вывод, что молодые почвы на карбонатных породах являются слаборазвитыми гумусово-аккумулятивными почвами, образованными в результате дернового процесса с гумификацией по фульватно-гуматному типу (Вальков и др., 2007; Максимова, Абакумов, 2011). Также существенная доля органического вещества почв представлена водорастворимыми компонентами, что связано с интенсивным участием корневого опада в формировании гумуса.

В климаксовых экосистемах в среднем интенсивность минерализации и поступления в почву органических соединений уравновешены (Титлянова и др., 1988). В отдельные годы минерализация может быть выше или ниже продукции, так как оба эти параметра флюктуируют год от года. Подобный тип режима биологического круговорота углерода называется периодическим, а в среднем по периоду – стационарным. В сукцессионных экосистемах в течение длительного времени интенсивность продукционных процессов может быть выше интенсивности минерализации, и это приводит к накоплению органического вещества в системе, или ниже, и тогда органическое вещество будет теряться. В переходном режиме с накоплением функционируют экосистемы в ходе первичной сукцессии, сукцессии восстановления и некоторых других. Режим с потерями характерен для деградирующих

экосистем, а также при трансформации природных экосистем в агроценозы (Титлянова, Тесаржова, 1991).

Специфика почвообразования в карбонатных карьерах связана с высоким содержанием карбонатов и повышенной щелочностью почв (Gutterige, 2003). Изменение рН влияет на жизнедеятельность микроорганизмов, обуславливает подвижность тех или иных минеральных и органических компонентов в почве и соотношение скоростей минерализации и гумификации растительного материала, и, как следствие, темпов гумусонакопления. В частности вследствие большого содержания углекислого кальция нейтрализуются органические кислоты, образуя нерастворимые соли. В целом для формирующихся почв, характерна тенденция к подкислению, то есть уменьшение величины рН, что является следствием жизнедеятельности организмов, накопления гумусовых кислот. Степень подкисления зависит как от свойств почвообразующих пород, так и от возраста почв (Максимова, Абакумов, 2011).

Одним из лимитирующих факторов для формирования фитоценозов является наличие в формирующихся почвах доступных для растений форм азота (Davis et. al., 1982; Vitousek et al., 1997; Березин, Карпачевский, 2009). Основное количество почвенного азота сосредоточено в органическом веществе. В такой форме азот непосредственно недоступен для растений, поэтому об обеспеченности растений почвенным азотом судят по содержанию в почве минерального азота (Дурынина, Егоров, 1998; Camberato, 2001).

Протекание процессов азотфиксации и нитрификации имеют накопительный характер: их интенсивность увеличивается со временем. Фиксация азота и преобразование аммиачных форм в нитратные требуют накопления в системе определенного объема активной биомассы. Для интенсификации процесса азотфиксации необходимы также легкоомобилизуемые органические вещества, поступление которых увеличивается с растительными остатками. В целом достаточно полный цикл круговорота азота формируется уже на ранних стадиях сукцессии, однако, время достижения стационарного режима в различных подсистемах цикла

разное. В первую очередь стационарного состояния достигает подсистема, связанная с активной фракцией азота, в последнюю очередь - подсистема, включающая органический азот инертной фракции в гумусе почвы. Поступление доступных для растений минеральных форм азота в почву происходит благодаря деятельности азотфиксирующих микроорганизмов (Титлянова и др., 1993). В целом можно отметить, что процессы накопления азота в формирующихся в техногенно трансформированных экосистемах исследованы достаточно слабо.

Накопление минеральных форм азота (и круговорот азота в целом) в почве тесно связано с деятельностью азотфиксирующих микроорганизмов (Добровольская, 2002). В свою очередь активность азотфиксации тесно связана с развитием растительности (Умаров, 1986). Кроме того, отмечаются сезонные и суточные колебания процессов фиксации микроорганизмами атмосферного азота. В годовом цикле усиление азотфиксирующих процессов начинается с момента появления проростков растений, достигает максимума в период цветения и резко снижается после уборки урожая (Глазовская, Добровольская, 1984; Умаров, 1986). В суточном цикле активность азотфиксации максимальна в дневные часы (Умаров, 1986).

После отмирания клеток микроорганизмов, в результате аммонификации белков и других азотсодержащих соединений фиксированный азот поступает в почву, обогащая её соединениями азота. Азотфиксирующие микроорганизмы могут быть одновременно и денитрификаторами, если в почве имеется избыточное количество легкодоступных соединений азота, но, как только их концентрация снижается, вновь начинаются процессы фиксации атмосферного азота (Глазовская, Добровольская, 1984). То есть повышенные концентрации нитратов в почвах усиливают денитрификацию и минерализацию органических веществ, а с другой - снижают поступление азота в почву за счет азотфиксации и эффективность его микробной иммобилизации (Умаров и др., 2007)

В почве широко распространены свободноживущие азотфиксаторы семейства *Azotobacteriaceae*. Клетки наиболее распространенного вида этого

семейства (*Azotobacter chroococcum*) крупные (1-10 мкм), изменчивой формы – от шарообразной до палочковидной, обычно окружены слизистыми капсулами, на разных стадиях развития подвижность их изменяется, иногда превращаются в цисты. Существует еще несколько видов данного семейства, из которых наиболее изучены *Az. vinelandii*, *Az. beijerinckii*, *Az. aglophillum*. Это мезофилы с оптимумом развития 25-30° С, продуценты биологически активных веществ: витаминов группы В, биотина, гетероауксина, гиббереллина, ауксинов, а также антибиотических противогрибковых веществ. В качестве источников углерода данные микроорганизмы лучше всего усваивают легкодоступные формы углеродсодержащих органических соединений. Поскольку запас подвижного органического вещества в почве невелик (Pansu, Gautheyrou, 2006), развитие азотобактера в почве часто ограничено. Кроме атмосферы источником азота для них могут служить различные минеральные и органические азотсодержащие соединения. При отсутствии связанных форм азота азотобактер фиксирует молекулярный азот в количестве 15-20 мг азота на 1 г органического вещества (Глазовская, Добровольская 1984). Все виды очень чувствительны к содержанию в почве фосфора, кальция и некоторых микроэлементов (особенно молибдена) (Ehrlich, 2002). Также эти микроорганизмы отличаются высокой гидрофильностью.

В процессе становления почвенно-поглощающего комплекса молодых почв выявлены следующие особенности: первоначальное снижение емкости поглощения и медленное ее увеличение в дальнейшем (Титлянова и др., 1993). Снижение емкости поглощения в начальный период почвообразования вероятно вызвано выносом тонкодисперсных частиц из верхних слоев почвы. Дальнейшее повышение емкости катионного обмена связано главным образом с накоплением гумуса в почве. Формирование качественного состава обменных катионов обусловлено свойствами почвенного раствора почвообразующих пород. В количественных изменениях свойств почвенного раствора и почвенно-поглощающего комплекса формирующихся почв на первых стадиях

почвообразования большую роль играет сукцессия биоты (Титлянова и др., 1993).

В целом при восстановлении почвенного покрова техногенных ландшафтов большое значение имеют как свойства материнской породы, так и формирующаяся растительность при заметной роли гидротермических условий, влияющих на интенсивность элементарных почвенных процессов.

Как правило, к 40-50-летнему возрасту почвы достигают немногим более 10 % морфологической зрелости фоновых почв, поэтому ожидать полного природного восстановления нарушенного почвенного покрова в техногенных ландшафтах в сколько-нибудь приемлемые сроки нет смысла (Лисецкий и др., 2005; Голеусов, Лисецкий, 2009).

Однако уровень функционирования молодых почв позволяет создавать достаточную продукцию фитоценозов и интенсивно преобразовывать субстрат (Голеусов, Лисецкий 2014). В полной мере реализуется восстановительно-биосферная функция почвы.

Почвы техногенных ландшафтов устойчиво выполняют главные экосистемные функции: разложение органического вещества, депонирование различных элементов и др. Кроме того, они, в сочетании с хорошим зарастанием, в значительной степени снижают интенсивность денудационных процессов и усиливают физико-химическое преобразование техногенных субстратов (литосферная функция) (Добровольский, Никитин, 1986; Лисецкий и др., 2005).

В заключение можно отметить, что исследование процессов ренатурализации на техногенно нарушенных территориях имеет большое как теоретическое, так и практическое значение. Результаты этих исследований могут применяться в практике рекультивации нарушенных ландшафтов для увеличения эффективности и снижения стоимости восстановительных мероприятий. В теоретическом аспекте эти исследования позволяют глубже понять протекающие при заселении освобожденной территории процессы и этапы формирования почв и фитоценозов при протекании первичной

сукцессии. В конечном итоге знание законов функционирования, эволюции, структурной организации ландшафтов позволяют оптимально адаптировать процессы землепользования к природным условиям (Соколов, 1997).

Изученность рассматриваемых процессов на территории лесостепной зоны Среднего Поволжья явно недостаточно. Имеющиеся данные касаются в первую очередь отдельных аспектов формирующихся на нарушенной территории сообществ: состава фитоценозов (Чап, 2011) или содержания в формирующемся субстрате и растительности тяжелых металлов (Прохорова и др., 2011). Данных, комплексно охватывающих проблему ренатурализации, обнаружить не удалось.

На территории Самарской области одним из объектов, который может служить в качестве модели для исследования процессов ренатурализации является Усть-Сокский (Западный) карьер.

Глава 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Физико-географическая характеристика района исследований

Географическое положение

Усть-Сокский карьер, в которм на протяжении 2011-2014 гг. проводились исследования расположен в черте г. о. Самара, на территории Красноглинского района. Как и вся Самарская область, район исследований расположен в юго-восточной части европейской территории Российско Федерации, в среднем течении реки Волга (район Самарской Луки), в акватории Саратовского водохранилища. Географическое положение карьера определяется координатами 53° 24' с.ш. и 50° 90' в.д.

Климат

Климат района проведения исследований умеренно-континентальный (или континентальный климат умеренных широт), что связано с расположением Самарской области в глубине Европейской части Евразии. Особенности данного климатического типа является: выраженность времен года; резкие температурные контрасты между холодным и теплым сезонами; быстрый переход от холодной зимы к жаркому лету; умеренное количество и изменчивость по годам выпадающих осадков; интенсивность испарения и достаточное количество солнечного освещения. Данные особенности обуславливаются географической широтой местности и формируются в основном под влиянием воздушных масс суши (Швер и др., 1983; Кавеленова, Розно 2007; Атлас земель Самарской области, 2002). Стоит отметить, что в рассматриваемом районе отмечается тенденция к потеплению климата.

Для климата Самарской области характерны продолжительная, достаточно суровая зима с устойчивым снежным покровом, залегающим в среднем 140-150 дней, а в отдельные годы возможны колебания от 100-128 до 168-185 дней (Швер и др., 1983). В зимний период возможны резкие изменения погодных условий, при этом среднесуточная температура за день может

изменяться на 18-20°C (Переведенцев, 2012; Важнова 2013). Температура воздуха зимой (при устойчивых малоподвижных антициклонах) может понижаться до -43 ... -48°C. Иногда происходят скачкообразные повышения температуры, в этом случае наблюдаются оттепели продолжительностью до 11-16 дней (Колобов, 1972). Осадков в зимний период выпадает в 2 раза меньше, чем летом, однако прохождение циклонов сопровождается сильными снегопадами и в этом случае сумма осадков до 10 раз превышает показатели малоснежных зим (Кавеленова, Розно, 2007). Сход снежного покрова происходит на протяжении от 5-10 до 25-30 дней. Как правило, окончательно снег сходит в первой половине апреля, но в отдельные годы он может сохраняться до 25 мая.

Весна на территории Самарской области длится в среднем от 23 до 27 дней, переход среднесуточных температур к положительным значениям обычно происходит 15-22 апреля, год от года дата может сильно варьировать (Швер и др., 1983). В весенний период резко снижается влажность воздуха, ежегодно в апреле отмечается 3-5 засушливых дней, в отдельные годы их количество составляет 12-17 (Кавеленова, Розно 2007). Возможны как достаточно высокие, так и низкие значения температуры воздуха, а также грозы.

Сроки наступления летнего периода – от 24 апреля до 3 мая. Лето в области столь же продолжительно, как и зима – 130-150 дней (Швер и др., 1983). В целом преобладает сухая и жаркая погода. Температура воздуха может повышаться до +38-41°C. Возможно возникновение суховеев, засух, высокая запыленность. Наиболее частые и интенсивные суховеи наблюдаются в июле-августе, чаще всего восточного и юго-восточного направления. Для них характерны высокие температуры и низкая влажность воздуха (Физико-географическое районирование..., 1964). На лето приходится максимальное количество осадков, особенно ливневого и грозового характера. Возможно выпадение града (Переведенцев, 2011).

Осенний период на территории Самарской области начинается заморозками на почве и изменением среднесуточной температуры до +10°C и

более низкой. Продолжительность осени – 42 дня (около шести недель). В этот период усиливается деятельность циклонов, увеличивается облачность, резко возрастает повторяемость дождей. Часты обложные и морозящие дожди. Однако при общем ухудшении погоды бывают дни с возвратом теплой, тихой, ясной и солнечной погоды («бабье лето»). В октябре самая высокая температура может достигать +28 °С, самая низкая – -10°С (Швер и др., 1983; Кавеленова, Розно, 2007). Первый снежный покров появляется как правило в конце октября, также увеличивается количество дней с туманом и сильными ветрами.

Климатические условия области слагаются в основном под влиянием двух факторов циркуляции атмосферы – сибирского антициклона и западного переноса атлантических воздушных масс (Колобов, 1972). Радиационный баланс на территории области с ноября по март отрицательный, что обусловлено потерей тепла на излучение с поверхности, находящейся под снежным покровом, и большой (до 85%) величиной отраженной радиации от снежного покрова.

Температурный режим характеризуется резко выраженным контрастом температур зимы и лета, поздними весенними и ранними осенними заморозками, значительными суточными и годовыми колебаниями температур воздуха. Средняя многолетняя годовая температура воздуха колеблется от 3°С на севере до 5°С на юге. Минимум отмечается в январе (-13,8 ... -11,2°С), максимум – в июле (+19 ... + 21,5°С). Абсолютный минимум температур зафиксирован на уровне -47°С. Абсолютный максимум – +41-43°С. Средняя температура января понижается с запада на восток от -11°С до -13,5°С. Продолжительность периода с устойчивыми морозами возрастает с юго-запада на северо-восток от 99 до 135 дней. Среднемесячная температура июля изменяется от 19°С до 21,5°С. Продолжительность безморозного периода составляет 118-157 дней. Суммы активных температур (выше 10°С) изменяются в пределах 2200°-2700°, продолжительность периода с такими температурами 130-150 дней (Баранова и др., 2009).

По территории области относительная влажность воздуха постепенно понижается с севера на юг и юго-восток от 75% до 71% в среднем за год, Годовая сумма осадков на территории Самарской обл. может изменяться в широких пределах от года к году, в среднем она колеблется от 370 до 540 мм. Основное количество осадков приходится на период с апреля по октябрь (до 70%). В течение года минимум осадков наблюдается в феврале, максимум – в июле. За теплый период года в среднем наблюдаются от 4 до 6 ливней, при этом в юго-западных районах их больше, чем в восточных (Швер и др., 1983, Баранова и др., 2009).

Для наглядного представления климатических данных, были построены климадиаграммы традиционного вида, предложенные Вальтером (Вальтер, 1982). Данные для построения климадиаграмм были взяты с сайта gr5.ru. Аридные (засушливые) условия на климадиаграмме характеризуются расположением кривой температур выше кривой осадков. Напротив, при формировании гумидных условий количество выпадающих осадков может значительно превысить среднемноголетнюю норму.

Несмотря на то, что в целом погодные условия характеризуются определенным постоянством, температурный режим и особенно режим выпадения осадков в конкретные годы могут сильно варьировать. В этом отношении особенно выделялся предшествовавший периоду исследований 2010 год. Средняя температура воздуха составила $+6,5^{\circ}\text{C}$ и оказалась на $1,8^{\circ}\text{C}$ выше многолетних значений (Государственный доклад о состоянии..., 2011). Летние месяцы характеризовались аномально высокими температурами и засушливостью. В июле значения средних суточных температур воздуха были превышены на 7°C , а также было зафиксировано самое высокое абсолютное значение температуры воздуха за весь период метеорологических наблюдений на территории Самарской области (более 42°C). Осадков выпало на 109 мм меньше нормы, аридный период (рис. 2.1) продолжался с мая по сентябрь (т.е. практически весь вегетационный период). Столь экстремальные погодные

условия не могли не сказаться на состоянии изучаемых природных систем в период исследования.

Средняя температура воздуха за 2011 год составила $+4,4^{\circ}\text{C}$, что незначительно ниже средних многолетних значений (Государственный доклад о состоянии..., 2012). При этом осадков выпало на 160 мм больше нормы. Максимальная температура воздуха в летний период была зафиксирована на уровне $+35,5^{\circ}\text{C}$. Самое низкое значение температур воздуха отмечено в феврале $-27,6^{\circ}\text{C}$.

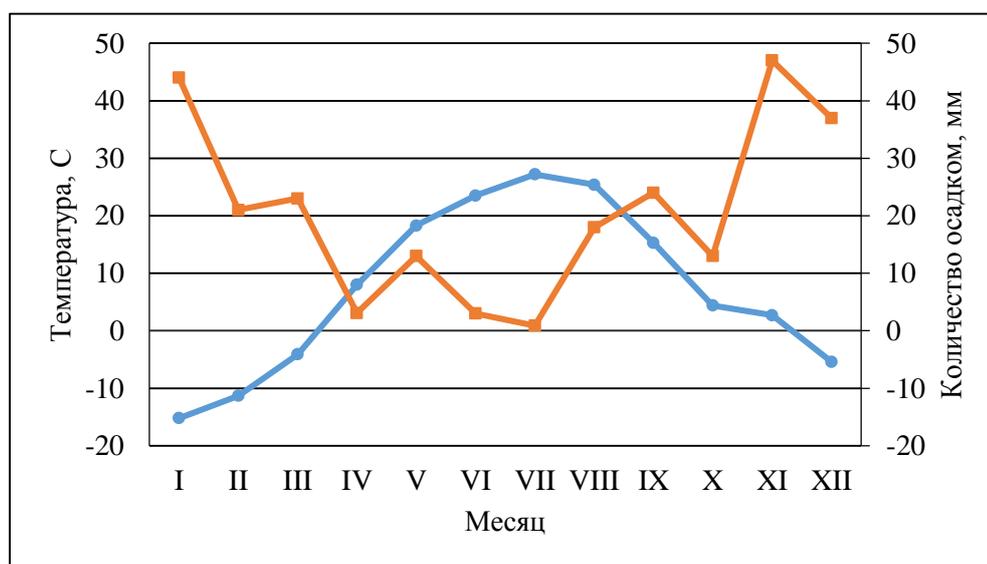


Рис. 2.1. Климатодиаграмма 2010 года

За 2012 год средняя температура воздуха составила $+6,3^{\circ}\text{C}$ и оказалась несколько выше многолетних значений (Государственный доклад о состоянии..., 2013). Осадков выпало меньше нормы на 8 мм. Максимальная температура воздуха в летний период составила $+7,2^{\circ}\text{C}$. Минимальная температура воздуха отмечена в феврале $-25,2^{\circ}\text{C}$.

Температура воздуха за 2013 год составила $+6,5^{\circ}\text{C}$, что выше многолетних значений (Государственный доклад о состоянии..., 2014). Осадков выпало больше нормы на 43 мм. Абсолютные значения максимальной температуры воздуха в летний период были отмечены на уровне $33,6^{\circ}\text{C}$. Самое низкое значение было зафиксировано в январе: $-22,3^{\circ}\text{C}$.

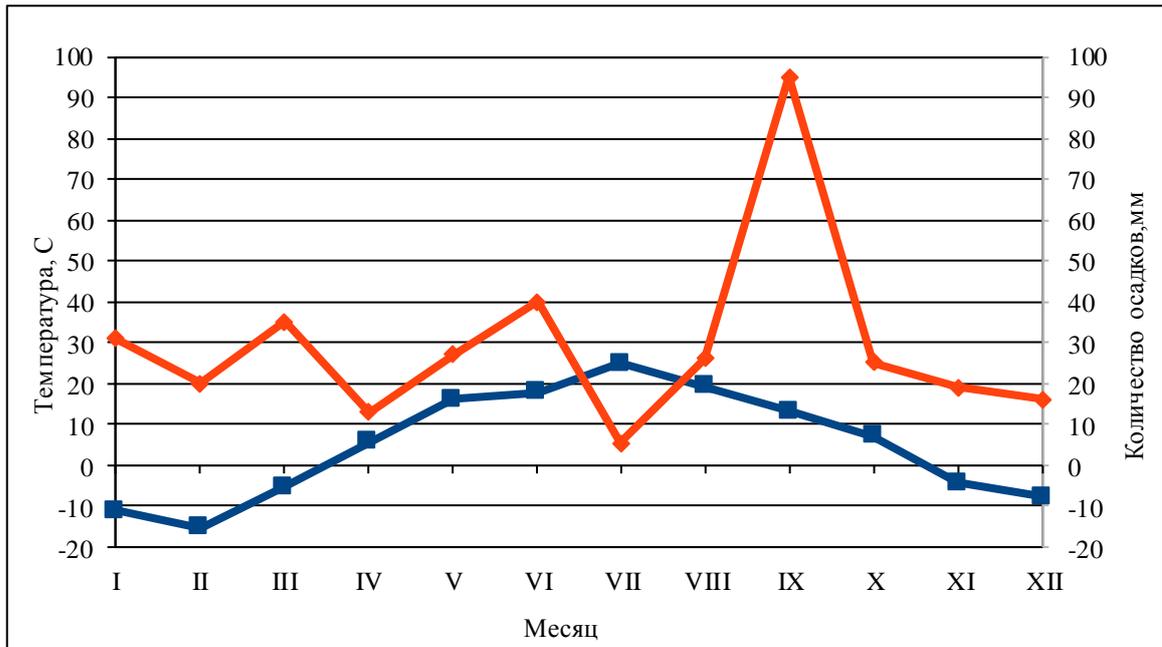


Рис. 2.2. Климатодиаграмма 2011 года.

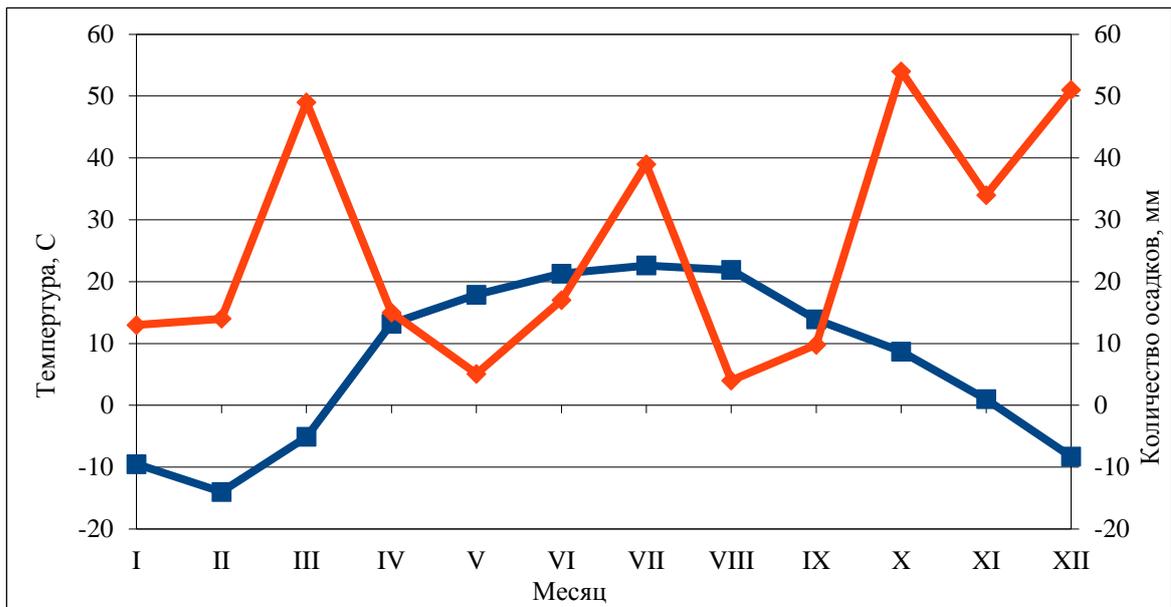


Рис. 2.3. Климатодиаграмма 2012 года.

За 2014 год средняя температура воздуха составила $+6^{\circ}\text{C}$, что превышает среднее значение (Государственный доклад о состоянии..., 2015). Выпадение осадков было больше нормы на 22 мм. Максимальное значение температуры воздуха было зафиксировано на уровне $+37,1^{\circ}\text{C}$. Минимальное значение температуры было отмечено в январе и составило $-30,6^{\circ}\text{C}$.

Согласно представленным данным (рис. 2.2–2.5), как засушливый можно охарактеризовать май 2011 года, май, июнь, август и сентябрь 2012 года, весь вегетационный сезон (с мая по сентябрь) 2013 года, а также июнь и сентябрь 2014 года.

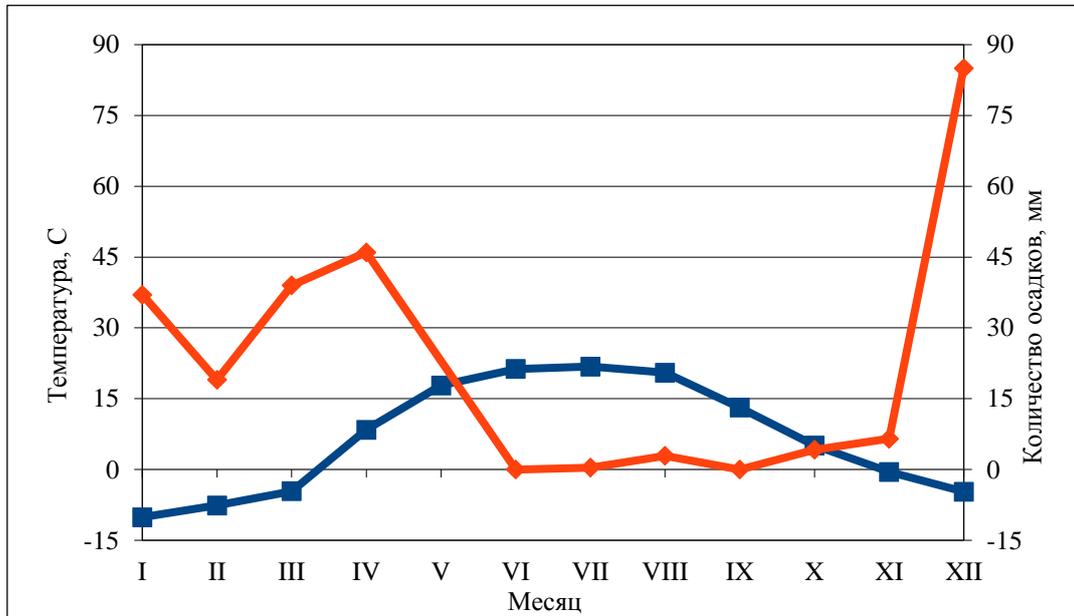


Рис. 2.4. Климатодиаграмма 2013 года.

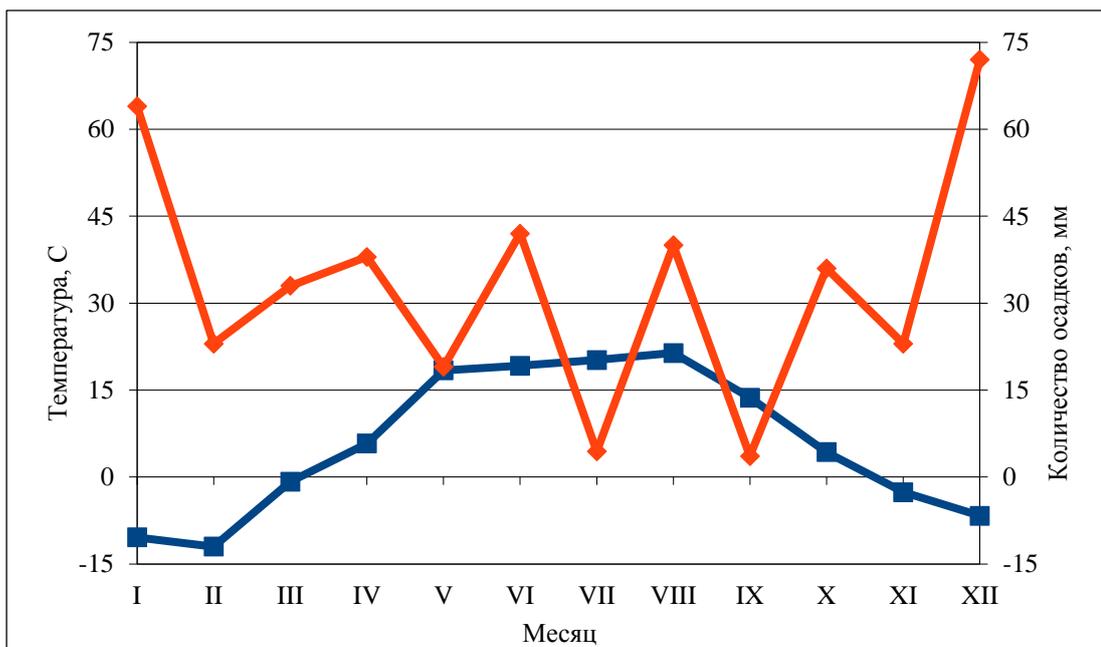


Рис. 2.5. Климатодиаграмма 2014 года.

Гидрология

Место проведения исследований располагается в месте слияния двух крупных водных объектов – р. Сок и р. Волга (Саратовское водохранилище).

Волга является самой протяженной рекой в Европе. Её длина составляет 3 530 км (до создания системы водохранилищ – 3 690 км). Площадь бассейна – 1 360 тыс. км². Бассейн Волги занимает около 1/3 Европейской территории России от Валдайской и Среднерусской возвышенности до Урала. Протяженность Волги на территории Самарской области – 210 км; огибая Жигулевские горы, она образует излучину – Самарскую Луку. Напротив устья Сока (в районе исследования) находится самое узкое место Самарской Луки – Жигулевские ворота (ширина Волги на данном участке составляет 600 – 700 м).

Правый склон волжской долины крутой и обрывистый, он поднимается на 100-150 метров над уровнем меженных вод. Левый склон имеет вид террас.

После зарегулирования стока и постройки ряда плотин Волга представляет собой цепь водохранилищ. Саратовское водохранилище, в акватории которого располагается район исследований, образовано плотиной Саратовского гидроузла в городе Балаково. Его площадь составляет 1831 км², длина – 357 км, наибольшая ширина – 25 км, средняя глубина – 7 м, наибольшая – 28 м. Уровень воды в Саратовском водохранилище колеблется в пределах 0,5-1 м. Проточность – 0,27-0,56 м/сек; водообмен – 19 раз в год. Весенний ледоход непродолжителен.

Основное питание р. Волга осуществляется снеговыми (60% годового стока), грунтовыми (30%) и дождевыми (10%) водами. Естественный режим характеризуется весенним половодьем (апрель–июнь), малой водностью в период летней и зимней межени и осенними дождевыми паводками (октябрь). В пределах Самарской области на русле реки имеются множество островов (Середыш-Шалыга, Рождественский, Быстренький, Васильевские и др.).

Изменения режима стока в результате зарегулирования Волги отразились на характере половодий и паводков. Половодье сократилось по своей продолжительности.

Сок – левобережный приток Волги – имеет длину 363 км, и его бассейн в основном расположен в Самарской области. Правые притоки реки – Кондурча, Б. Суруш, Игарка, Уксада, левые – Сургут и др.

Река является притоком Саратовское водохранилища. Современное устье расположено в 1,5 км южнее н.п. Волжский. До середины XX в. река впадала в Коптев затон р. Волга у пос. Управленческий, в 2,5 км выше устья оврага Коптев. Система проток, являющаяся частью сокского устья и располагающаяся в пойме Волги на 4 км ниже современного места впадения, ныне перерезана дамбой. В устьевой части ширина речной долины составляет 4-6 км.

Почти на всем протяжении реки правый склон долины имеет высоту 30-50 м с уклоном 15-30°, сильно рассечен долинами притоков и глубокими оврагами. Левый склон преимущественно низкий (10-20 м) и пологий (2-3°), местами незаметно сливающийся с прилегающей местностью. На всем протяжении реки склоны открытые, сложены глинистыми грунтами. Пойма Сока на всем протяжении двухсторонняя, луговая. Поверхность поймы пересечена озерами и старицами, местами заболочена, сложена суглинистыми грунтами. В многоводные годы пойма заливается до глубины 1,5-2,5 м, в обычные – на 0,5-1,5 м сроком на 23-38 дней (Розенберг, Саксонов, 2007).

Глубина реки изменяется в широких пределах: от 0,2-0,5 м в истоке до 2-5 м на остальном протяжении. Наиболее часто встречаются глубины порядка 2-4 м. Скорость течения в межень на значительном протяжении реки характеризуются величиной 0,20-0,40 м/сек. Берега русла в большей степени крутые или обрывистые, с преобладающей высотой 2-3 м. Грунт берегов песчаный, в верховье суглинистый. Дно ровное, преимущественно песчаное, местами каменистое. Средний расход воды 38,4 м³/с (Розенберг, Саксонов, 2007).

Питание смешанное с преобладанием снегового. Половодье в апреле–начале мая. Ледостав устанавливается в конце октября–начале декабря, вскрывается в апреле. Характерная особенность Сока – повышенная минерализация воды в летнее время. По химическому составу вода реки

относится к сульфатному классу (в период половодья – к гидрокарбонатному) и кальциевой группе. По величине минерализации воды относятся к высокоминерализованным (347-1300 мг/л). Значение рН изменяется от 7,1 до 9,3. Максимальные величины наблюдаются в нижнем течении летом при развитии фитопланктона. Вода в пик половодья жесткая, в остальные сезоны года – очень жесткая (16,8 ммоль/л). Данная особенность объясняется наличием большого количества минеральных (особенно серных) ключей, впадающих в верхний участок реки (Розенберг, Зинченко, 2011).

Подпор Саратовского водохранилища распространяется от устья вверх по течению более чем на 20 км; затопленные при этом площади невелики. Участок в затопленном устье судоходен на расстоянии 6 км (Розенберг, Саксонов, 2007).

Поверхностные слои территории Самарской области образованы четвертичными аллювиальными и делювиальными отложениями. Грунтовые воды в этих слоях обычно залегают на глубине трех-пяти метров, реже – шести-восьми метров. Вода пойменных отложений Волги пресная, хорошего качества; в долинах же малых рек, в том числе Сока, местами встречаются воды повышенной минерализации (Хасаев, Пригода, 2012).

Водообильность водоносных горизонтов неравномерна, наиболее высока она в долине р. Волга, в пределах развития хазарской террасы (например, в Ставропольском районе). В долине р. Волга минерализация воды невысокая – от 0,3 до 1,0 г/дм³. По составу воды преимущественно гидрокарбонатные, кальциевые (Хасаев, Пригода, 2012).

Геоморфология и рельеф

Сокольи горы представляют собой продолжение Жигулёвских гор на левом берегу Волги (Физико-географическое районирование..., 1964). Основными вершинами соколых гор являются Тип-Тяв (высшая точка Соколых гор, 275 м), гора Кузнецова, гора Барсук, Лысая гора.

Сокольи горы с их естественными и антропогенно трансформированными ландшафтами представляют большой интерес для эколого-геохимических исследований. Расположены в левобережной части Среднего Поволжья, с юго-

запада на северо-восток вдоль левого берега р. Сок. С запада отделены от находящейся в Предволжье Жигулёвской возвышенности Саратовским водохранилищем. С северо-востока Сокольи горы ограничены долиной р. Сок, правый берег которой составляют Сокские Яры. Южная граница Сокольных гор проходит по условной линии, проведённой от верховьев Студёного оврага к устью р. Большой Кинель. Естественные рубежи Сокольных гор на юго-востоке и востоке – долины рек Большой Кинель, Сарбай и Сургут. Последние две реки разделяют Сокольи горы и Кинельские Яры. Заканчиваются довольно крутой вершиной, достигающей абсолютной высоты 240 м.

Часть массива, распространяющаяся на правый берег устья р. Сок и отделенная от основной части гряды, известна под названием «Царев курган». Сокольи горы являются водоразделом между бассейнами рек Волга, Сок, Самара. Центральная часть данного водораздела представляет собой неширокое волнистое плато, имеющее довольно крутой северный склон, обращенный в сторону р. Сок, и более пологий южный, направляющийся к долине р. Самара. Поверхность плато расчленена густой овражно-балочной сетью. На Волгу выходят глубокие, заросшие лесом овраги – Студеный, Коптев и др.

В тех местах, где отмечается наличие гипсо-известняково-доломитовых отложений, развиты карстовые формы рельефа. На крутых обрывах, обращенных к долинам Волги и Сока, встречаются выходы пещер (Баранова и др., 2009).

Территория Сокольных гор покрыта густым лиственным лесом и кустарниками, перемежающимися с участками травянистой растительности. Плоскоувалистые участки распаханы.

Западная часть Сокольных гор наиболее лесистая и возвышенная. Здесь находятся самая высокая точка (гора Тип-Тяв, 281 м) и крупная отрицательная форма техногенного рельефа (ныне не действующий Усть-Сокский, или Западный, карьер с абсолютными высотами днища в пределах 36-94 м). Кроме того, данная часть Сокольных гор входит в городскую черту г.о. Самара и

является местом отдыха и туризма местных жителей. Здесь расположены пос. Управленческий и Красная Глинка, а также санатории и дома отдыха.

Геологическое строение и почвообразующие породы

Территория Сокского физико-географического района, на которой расположены Скоколье горы (а также Усть-Сокский карьер), сложена породами пермского возраста, в основном отложения уржумского–северодвинского ярусов, представленные красноцветной песчано-глинистой толщей с подчиненными прослоями пестрых мергелей, серых известняков и доломитов. Небольшую роль играют песчаники. В нижней части разреза встречаются маломощные прослои гипсов и ангидритов. Глубже залегающий казанский ярус представлен теми же породами, но с большей представленностью карбонатных пород. Коренные карбонатные породы на многих участках непосредственно выходят на поверхность, и в связи с этим играют значительную роль при формировании рельефа и являются субстратом (материнской породой) для образования почв. Четвертичные отложения представлены аллювием речных террас и очень тонким элювиально-делювиальным слоем на склонах водоразделов (Хасаев, Пригода, 2012).

Таким образом, в геологическом отношении западная часть Сокольных гор сложена плотными карбонатными породами каменноугольной и пермской систем: доломитами с прослоями известняков, мергелей и гипсов а также аргиллитов и песчаников.

В границах Сокольных гор расположено Сокское месторождение. Основные полезные компоненты данного участка – доломиты и известняки (Милановский, 1940); попутный – известковая мука. Месторождение расположено на склоне, на абсолютной высоте 28-215 м, в 0,5 км южнее железнодорожной станции Царевщина (г. о. Самара). Западная часть, выходящая в долину Волги, выделяется как Усть-Сокское месторождение. Полезная толща мощностью 30-100 м представлена известняками, доломитами и их переходными разновидностями. Относится к гжельскому ярусу карбона, ассельскому, сакмарскому и казанскому (последний нигде не вскрыт) ярусам

перми и подразделяется на пласты III, II, I, P2 средней мощностью 17-37 м каждый, разделённые некондиционными прослоями. Пласт III имеет повсеместное распространение. Известняки сосредоточены в нижней части разреза. Породы ассельского яруса местами нацело окремнены. Доломиты содержат в среднем 29-31 % CaO и 18-20 % MgO и пригодны для стекольной промышленности. Вскрышные породы – делювиально-аллювиальные отложения мощностью 0,5-14 м. На Западном участке вскрыта линза гипса ассельского яруса (Хасаев, Пригода, 2012, Федоров и др., 2008).

Месторождение разрабатывается с 1937 г. (Усть-Сокский участок). Первоначально добыча известняка велась штольнями (закрытым способом), с 1954 г. месторождение открытым способом разрабатывает Сокское карьероуправление. Карбонатные породы добываются для производства строительного камня и щебня высоких и низких марок. Отвалы вскрышных пород и отсеков высотой до 30 м расположены у северных бортов образовавшихся котлованов и в пойме р. Сок. Ими же частично засыпана добычная выемка на Царёвом Кургане. С 2010-х гг. в разработке находится Центральный участок, объединённый с Восточным. Западный участок в настоящее время не разрабатывается.

Запасы камня на Сокском месторождении оцениваются в 102,1 млн. м³ (1982), остаточные – по 25 млн. м³ на Центральном и Западном участках (2007). В 2009 г. был дополнительно разведан Южный участок с запасами более 48 млн. м³. Добыча горной массы: 3,9 млн. м³ (1981), 1,8 млн. м³ (2006). В 1960-е–1991 гг. попутно добывалась известковая мука (0,6 млн. м³/год). Образовавшиеся в результате разработки карьеры представляют значительный геологический и палеонтологический интерес (Хасаев, Пригода, 2012).

Почвы

На карбонатных материнских почвообразующих породах района исследований залегают карбонатные черноземы, не образующие крупных массивов. Отдельными участками встречаются темно-серые лесостепные почвы. На поймах рек развиты черноземовидные аллювиальные почвы. На

террасах Сока обнаруживаются различные виды долинных черноземов (Атлас земель Самарской области, 2002).

Растительность

Растительный покров района исследований представлен луговыми, степными и лесными участками. В связи с расчлененностью рельефа наблюдается вертикальная дифференциация ландшафтов. Надпойменные террасы рек и пологие склоны водоразделов безлесны и на большей части распаханы. Возвышенные водоразделы, а также крутые склоны водоразделов и овражные склоны покрыты лесами. Наиболее характерными являются широколиственные леса с господством дуба. Липовые леса с примесью дуба и в небольшом количестве клена и других пород приурочены к отлогим склонам долин и оврагов. В поймах рек, оврагах, надпойменных террасах, вблизи выхода ключей и других местах с избыточным увлажнением встречаются ольшаники, осокорники, ивняки. На севере района крупными массивами сосредоточены осиновые леса. Степи представлены, главным образом, разнотравно-типчачково-ковыльными, луговыми и кустарниковыми степями. На выходах карбонатных пород по крутым склонам небольшими пятнами встречается каменистая степь с характерными для нее растениями южных степей. Луговая растительность представлена преимущественно суходольными лугами, которые располагаются по днищам логов, оврагов, на нижних и средних частях склонов и в речных долинах. Заливные поёмные луга занимают небольшую площадь.

Общая характеристика карьера

Усть-Сокский карьер, в котором на протяжении 50-70-х гг. XX в. добывалось карбонатное сырье (известняки, доломиты), располагается в северной части г. Самара в пределах Красноглинского района. Карьер был заложен на северном склоне Сокольных гор, на левом берегу р. Сок, в нескольких километрах от места его впадения в Саратовское водохранилище. Карьер представляет собой самый старый по времени освоения участок Сокского месторождения. Промышленная добыча карбонатных пород осуществлялась

для производства строительных материалов (щебня, бутового камня, строительных смесей). В результате продолжительной разработки строительного сырья на северном склоне Сокольных гор возникла крупная техногенная выемка максимальной протяженностью с севера на юг (по дну) менее 1 км, и с запада на восток – более 2 км. Относительная высота отвесных бортов техногенного котлована достигает десятков метров, в отдельных случаях – 100-150 м (Головлева и др., 2003).

Усть-Сокский карьер имеет корытообразную форму. Основными элементами техногенного рельефа являются широкое днище и скальные террасы, ограничивающие карьер со всех сторон.

Дно карьера в целом ровное и плоское. С поверхности оно сложено очень плотными, водонепроницаемыми карбонатными породами, кое-где перемежающимися с выходами монолитного скального фундамента. Дно карьера загромождено кучами глыб некондиционных пород. Процессы первичного почвообразования и естественного зарастания Усть-Сокского карьера начались в 70-х гг. XX в., когда была прекращена промышленная добыча строительного сырья.

Рекультивационные мероприятия после закрытия Усть-Сокского карьера не проводились.

2.2. Объекты и методы исследования

2.2.1. Объекты исследования

В качестве объектов исследования выступали формирующиеся почвогрунты карьера, годовые побеги и листья произрастающих в карьере экземпляров берёзы повислой а также формирующиеся растительные сообщества. Береза является одним из доминантных видов в формирующейся флоре карьера, что показали более ранние работы по исследованию данного участка, так и предварительные рекогносцировочные исследования (Прохорова и др., 2011).

2.2.2. Полевые исследования.

Полевые исследования осуществлялись в период 2011-2014 гг.

Для проведения исследований осенью 2011 г. На территории Сокольных гор был заложен профиль, состоящий из 15 пробных площадей (Приложение 1). Линия профиля начиналась на селитебной территории пос. Красная Глинка (пр. пл. 1), затем пересекала лесной массив южного (пр. пл. 2 – подъем к перевалу Сокольных гор; пр. пл. 3 – центральная часть южного склона перед подъемом на водораздел; пр. пл. 4 – на водоразделе) и северного (пр. пл. 5 – при спуске с водораздела; пр. пл. 6 – у дороги, ведущей от северного подножия к карьеру) склона Сокольных, проходила террасы (пр. пл. 7 – вторая по счету слабо развитая терраса карьера; пр. пл. 11 – верхняя терраса, окаймляющая карьер с запада; пр. пл. 13 – самая нижняя терраса восточной части карьера; пр. пл. 14 – центральная часть самой нижней террасы карьера) и днище (пр. пл. 8 – восточная часть дна; пр. пл. 9 – центральная часть; пр. пл. 9 – западная часть дна) Усть-Сокского карьера и завершалась на равнинном пространстве (Столовый склон) вблизи его западной оконечности (пр. пл. 12 – каменистый склон ниже равнинного пространства; пр. пл. 15 – равнинное пространство, примыкающее к западной части карьера). Это позволило выявить основные отличительные особенности протекающих в карьере процессов ренатурализации. В последующем (2012-2014 гг.) основное внимание уделялось пробным площадям, расположенным непосредственно в границах карьера. Они располагались в западной, центральной и восточной части карьера. Выбор мест заложения пробных площадей проводился на основании предварительного обследования территории карьера. Каждая включала в себя наиболее типичный по абиотическим условиям участок дна карьера. Размер участков составлял 15×25 м. 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 контроля выступала пробная площадь, расположенная на Столовом склоне (рис. 2.6).

Исследования флоры производили маршрутным методом в весенне-летний периоды. Маршруты пересекали все основные элементы рельефа (днище, террасы, обвально-осыпные склоны). Камеральная обработка собранного гербарного материала осуществлялась как в период проведения полевых работ, так и в последующем при активном участии доктора биологических наук, профессора Т.И. Плаксиной и кандидата биологических наук, ассистента Ю.В. Макаровой. По результатам полевых и камеральных исследований был составлен список сосудистых растений и осуществлен их флористический и биоценотический анализ.

Для определения таксономического положения растений использовалась монография С.К. Черепанова (Черепанов, 1995), характеристика видов приводится по трудам Т.И. Плаксиной (Плаксина, 2001) и Н.М. Матвеева (Матвеев, 2006).

Для учета видовой структуры травостоя в пределах каждой пробной площади случайно-регулярным способом закладывали по 10 учетных площадок (1×1 м), при этом учитывалось количество экземпляров, проективное покрытие (%), фаза вегетации каждого отмеченного вида травянистого растения. Для изучения древостоя применялись общепринятые методы (Матвеев, 2006).

На каждом исследуемом участке на 5 точках отбирали образцы исследуемых почвогрунтов мощностью до 5 см. Затем их перемешивали и помещали в чистый полиэтиленовый пакет. После этого отобранные образцы доводили до воздушно-сухого состояния.

Листья березы отбирали строго после остановки роста (во второй половине лета), из нижней части кроны дерева равномерно с максимального количества доступных веток, и помещали в полиэтиленовые пакеты. Затем отобранные образцы гербаризировали, после чего каждый лист сканировался с нижней стороны и полученные изображения использовались для дальнейшей работы. С каждого участка исследовалось не менее 100 листовых пластинок.



Рис. 2.6. Изучаемые пробные площади на территории карьера

Годичные побеги срезали с помощью секатора также с разных сторон кроны и помещались в полиэтиленовые пакеты. С целью недопущения высыхания побегов в каждый пакет помещали увлажненную водой бумажную салфетку. С каждого участка исследовали 5-10 годичных побегов.

Исследования формирующихся фитоценозов проводились стандартными методами (Бузыкин и др., 1985; Матвеев, 2006; Тихомиров, 2006).

2.2.3. Лабораторные исследования

Определение аммиачного азота в почве (Кавеленова, 2001)

Для лабораторных исследований, в которых используется мелкозем, часть отобранных образцов почвогрунтов после предварительного удаления крупных включений, камней и растительных остатков, растирали в ступке и затем просеивали через сито с ячейками в 1 мм.

Взвешивали 20 г почвы (мелкозема) и переносили в коническую колбу емкостью 300-500 мл. В колбу вливали 60 мл 1Н раствора КСl, прибавляли 3-5 капель толуола и содержимое взбалтывали в течение 15 минут, а затем отстаивали 30 минут. Вытяжку профильтровывали через промытый хлористым калием фильтр, первые мутные порции фильтрата перефильтровывали заново через тот же фильтр. Для анализа использовали только прозрачный раствор.

В мерную колбу емкостью 100 мл помещали количество фильтрата (20-40 мл), достаточное чтобы при добавлении реактива Несслера получился раствор светло-желтого цвета, при этом к фильтрату прибавляли 4 мл 50% раствора сегнетовой соли для связывания катионов Са и Mg, приливали 4 мл реактива Несслера и объем доводили до 100 мл.

Через 15 минут проводили колориметрирование на ФЭКе с длиной волны 400 нм. Содержание аммиачного азота определяли по калибровочному графику.

Определение нитратов в почве (метод Грандваль-Ляжу) (Минеев и др., 1989)

20 г свежей почвы вносили в колбу объемом 150-200 мл, добавляли 0,5-3 г активированного угля. Цилиндром приливали 100 мл дистиллированной воды, взбалтывали в течение 3 минут. Отфильтровывали в сухую посуду через воронку с четырьмя слоями складчатых фильтров. В фарфоровую чашку отбирали аликвоту объемом 50 мл и выпаривали на водяной бане до одной капли (при пересушивании сухого остатка возможны потери нитратов). Приливали пипеткой 1 мл дисульфифеноловой кислоты и сухой остаток тщательно растирали небольшой стеклянной палочкой. Приливали в чашку 20-25 мл дистиллированной воды, перемешивали. Небольшими порциями добавляли 20%-ный раствор щелочи. При этом образовывалось комплексное соединение устойчивой желто-оранжевой окраски. При помутнении раствора, добавляли 2-3 капли щелочи. Количественно содержимое чашки переносили в мерную колбу объемом 50 мл через небольшую воронку без фильтра. Раствор доводили дистиллированной водой до метки, закрывали пробкой, взбалтывали и сразу же колориметрировали с длиной волны 400 нм. Содержание нитратов определяли по калибровочному графику.

Определение нитритов с реактивом Грисса (Шицкова и др., 1990)

В колбу или стаканчик помещали 50 мл водной вытяжки исследуемой почвы, прибавляли 0,1 г сухого реактива Грисса и перемешивали. Окраска проявляется через 40 минут (или через 10 минут при нагревании на водяной бане при 50-60 °С) и сохраняется неизменной в течение 3 часов. Через 40 минут растворы фотометрировали в кюветах с длиной волны 530 нм по отношению к дистиллированной воде с добавлением реактива Грисса. Содержание нитритов определяли по калибровочному графику.

Определение содержания органического углерода (Минеев и др., 1989)

Взвешивали навески почвы 0,3 – 0,4 г и переносили в колбы объемом 50 мл. Навески заливали 10 мл раствора бихромата калия в серной кислоте.

Содержимое колб осторожно перемешивали круговым движением, следя за тем, чтобы частицы почвы не остались на их стенках.

После этого колбы нагревали на песчаной бане. Кипение раствора должно продолжаться 5 мин. Отсчет времени производится с появления первого относительно крупного пузырька газа. В процессе кипячения окраска раствора изменяется.

По окончании кипячения колбу снимали с плитки, давали ей остыть. После этого содержимое колб доводили водой до метки, перемешивали и оставляли на сутки для отстаивания. На следующий день проводили колориметрирование растворов при длине волны 590 нм. Содержание органического углерода определяли по калибровочному графику.

Содержание органического углерода в почве обычно принято пересчитывать на содержание гумуса, то есть на общее содержание органических веществ в почве. Для этого процентное содержание углерода умножали на коэффициент равный 1,724.

Определение активности бактерий рода Azotobacter методом культивирования на безазотистой среде Эшби (Методы почвенной микробиологии..., 1991; Овчинникова, Панкратов, 2009).

Безазотистую среду Эшби разливали в чашки Петри и после застывания на поверхности агара правильными рядами раскладывали увлажненные комочки почвы величиной с просыное зернышко (метод Виноградского), чашки помещали в термостат при 28-30 С на 6-8 суток. Через 3-4 дня вокруг комочков появлялись густослизистые, бесцветные, непрозрачные колонии, со временем становившиеся светло-коричневыми или темно-бурыми. По окончании срока культивирования подсчитывали все комочки, которые принимали за 100%, затем подсчитывали комочки с ростом азотобактера (комочки обрастания). После этого рассчитывали процентное содержание азотобактера по формуле $X = (a/b) \cdot 100$, где a – количество комочков обрастания, b – общее количество комочков.

Кроме того, измеряли диаметр сформировавшихся колоний, и затем вычисляли средний диаметр колоний азотобактера для каждого образца.

Определение величины флуктуирующей асимметрии листовых пластинок березы повислой (Захаров и др., 2000).

Флуктуирующая асимметрия представляет собой незначительные и ненаправленные отклонения от строгой билатеральной симметрии (Van Valen, 1962), которые возникают при нарушениях во время онтогенеза и развиваются тем больше, чем сильнее внешние отрицательные воздействия (в частности – антропогенная нагрузка). При флуктуирующей асимметрии различия между сторонами незначительны и не имеют самостоятельного адаптивного отношения. Это можно объяснить тем, что значительные различия между сторонами могут существовать лишь в том случае, если они носят приспособительный характер (Гавриков, 2007). Различия между выраженностью признаков с разных сторон при флуктуирующей асимметрии, вызваны нарушением онтогенетических процессов и определяются как проявление случайной изменчивости развития (Freeman et al., 1994; Cowart, Graham, 2003; Lajus et al., 2003). Зависимость показателя флуктуирующей асимметрии от размера листовой пластинки, отмеченная у других видов (Хузина, 2011), для березы повислой не выявлена (Савинцева, 2015).

Отмечается, что после остановки основных ростовых процессов значение коэффициента не изменяется до полного отмирания листа (Гуртяк, 2013), поэтому отбор материала для исследования должен проводиться не ранее второй половины лета.

Для выявления флуктуирующей асимметрии измерения отсканированных изображений листьев проводили с помощью программы ImageJ 1.43q.

На каждом листе проводили по пять промеров с левой и правой сторон (рис. 2.7).

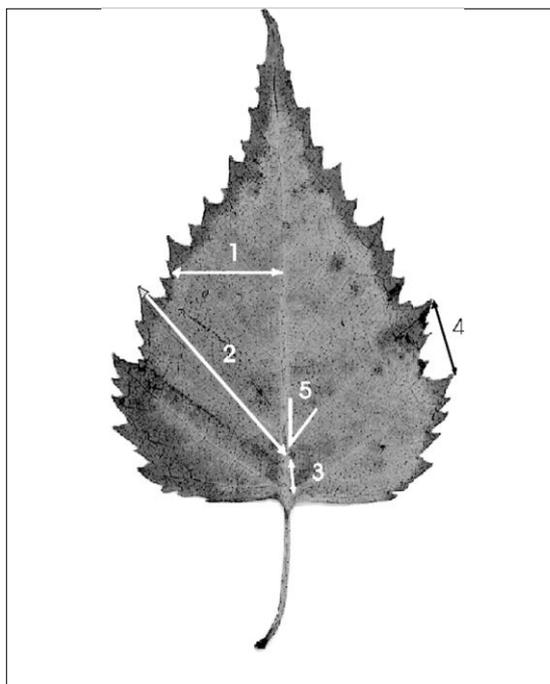


Рис. 2.7. Схема морфологических признаков, использованных для оценки стабильности развития березы повислой (*Betula pendula*):

1- ширина левой и правой половинок листа. Для измерения лист складывают пополам, совмещая верхушку с основанием листовой пластинки. Потом разгибают лист и по образовавшейся складке измеряется расстояние от границы центральной жилки до края листа.

2 - длина жилки второго порядка, второй от основания листа.

3 - расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка.

4 - расстояние между концами этих же жилок.

5 - угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Величину асимметрии у рассчитывали как различие в промерах слева и справа, отнесенное к сумме промеров на двух сторонах. Интегральным показателем стабильности развития для комплекса мерных признаков является средняя величина относительного различия между сторонами на признак. Этот показатель рассчитывали как среднее арифметическое суммы относительной величины асимметрии по всем признакам у каждой особи, отнесенное к числу используемых признаков.

1) Сначала для каждого промеренного листа вычисляли относительные величины асимметрии для каждого признака. Для этого модуль разности между промерами слева (L) и справа (R) делили на сумму этих же промеров.

2) Затем вычисляли показатель асимметрии для каждого листа. Для этого суммировали значения относительных величин асимметрии по каждому признаку и делили на число признаков.

3) На последнем этапе вычисляли интегральный показатель стабильности развития – величину среднего относительного различия между сторонами на признак. Для этого вычисляли среднюю арифметическую всех величин асимметрии для каждого листа. Это значение округляли до третьего знака после запятой.

Для оценки степени выявленных отклонений от нормы, их места в общем диапазоне возможных изменений показателя разработана балльная шкала. Диапазон значений интегрального показателя асимметрии, соответствующий условно нормальному фоновому состоянию, принимается как первый балл (условная норма). Он соответствует данным, полученным в природных популяциях при отсутствии видимых неблагоприятных воздействий (например, на особо охраняемых природных территориях). В этой связи надо иметь в виду, что на практике при оценке качества среды в регионе с повышенной антропогенной нагрузкой фоновый уровень нарушений в выборке растений или животных даже из точки условного контроля не всегда находится в диапазоне значений, соответствующих первому баллу. Диапазон значений, соответствующий критическому состоянию, принимается за пятый балл. Он соответствует тем популяциям, где есть явное неблагоприятное воздействие и такие изменения состояния организма, которые приводят организм к гибели. Весь диапазон между этими пороговыми уровнями ранжируется в порядке возрастания значений показателя. Такая балльная система оценок по величине интегральных показателей стабильности развития для березы приводится ниже.

Сравнение между различными участками проводится по критерию Стьюдента. Однако его применение возможно лишь в случаях нормального распределения исходного признака (Swaddle at al., 1944; Гелашвили и др., 2004; Зорина, 2012).

Также требуется учитывать наличие направленной асимметрии (Васильев, Васильева, 2009).

Изучение анатомических особенностей березы повислой (Тимонин, Нотов, 1993; Roberts, 2002).

Поперечные срезы годовичных побегов делали вручную бритвенными лезвиями и помещали в на увлажнённую дистиллированной водой фильтровальную бумагу.

Таблица 2.1

Пятибалльная шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для березы повислой (*Betula pendula*).

Балл	Величина показателя стабильности развития
I	0,040
II	0,040 - 0,044
III	0,045 - 0,049
IV	0,050 - 0,054
V	0,054

Временные препараты просматривали на световом микроскопе, микрофотографии получали с помощью цифровой фотокамеры. Полученные изображения обрабатывали с помощью программы ImageJ.

При этом оценивали диаметр побегов, мощность первичной коры, перидермы, флоэмы, ксилемы, механических элементов и площадь сердцевины.

Для оценки степени лигнификации годовичных побегов препараты окрашивали спиртовым раствором флюорохрома в течение 5 минут, после чего добавляли несколько капель 5% раствора серной кислоты для проявления окрашивания.

Степень лигнификации оценивали по интенсивности окрашивания по трехбалльной шкале (0 – отсутствие окрашивания, 3 – ярко выраженное окрашивание).

Гистохимическое выявление тяжелых металлов в растительных тканях (Серегин, Иванов, 1997; Прохорова и др., 2003)

Исследование накопления тяжёлых металлов в годичных побегах березы осуществлялось при помощи дитизоновой гистохимической реакции.

Так как реагент не подлежит хранению, он готовился непосредственно перед проведением эксперимента. Для приготовления раствора навеску дитизона (3 мг) растворяли в 6 мл ацетона, добавляли 2 мл дистиллированной воды и 1-2 капли ледяной уксусной кислоты, так как в слабокислой среде реакция более специфична.

После освобождения срезов от воды их помещали на предметное стекло, приливали пипеткой 3-4 капли свежеприготовленного раствора дитизона, накрывали покровным стеклом и просматривали под микроскопом. Дитизон образует в присутствии тяжёлых металлов (кадмий, свинец, цинк, кобальт, медь, хром, железо, никель) нерастворимые соли дитизонаты, окрашенные в красный цвет.

Для того чтобы определить интенсивность окраски и, следовательно, уровень накопления тяжёлых металлов была введена 4-балльная шкала:

- 0 баллов – отсутствие окрашивания;
- 1 балл - окраска есть, но очень бледная;
- 2 балла - есть окраска среднего уровня интенсивности;
- 3 балла - окраска очень интенсивная;

Параллельно при микроскопировании фотографировали срезы цифровой камерой.

Определение содержания различных химических макро- и микроэлементов осуществлялось в специализированной лаборатории методами спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и рентгенофлуоресцентного анализа.

Математическая обработка полученных данных проводилась в программе Microsoft Excel и Statistica стандартными методами.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СУБСТРАТА УСТЬ-СОКСКОГО КАРЬЕРА

3.1. Результаты изучения эколого-геохимического профиля Сокольных гор

Оценка развития и состояния почв играет важную роль в прикладных исследованиях. Информация о скорости развития, накопления различных элементов, локальных особенностях почв позволяет оценить экологическое состояние и спрогнозировать дальнейшее развитие ландшафтов (Александровский, 2005).

По результатам проведенных рекогносцировочных исследований (Прохорова и др., 2011) было установлено, что сформированный почвенный покров на территории Усть-Сокского карьера отсутствует.

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. Очевидно, что на данном участке значительную роль играют условия увлажнения и образующиеся донные отложения, служащие подходящим субстратом для заселения растительностью. Среди всех пробных площадей, расположенных на дне карьера именно данный участок характеризуется наибольшим проективным покрытием, местами мхи даже формируют сплошной покров. Также достаточно активно процессы почвовосстановления протекают на террасах карьера, где в связи с условиями микрорельефа задерживаются и накапливаются различные химические соединения (в том числе и органические). Местами растительный опад на значительной площади образует не очень мощный (до 1,5 см) сплошной

слоем. В восточной части дна карьера, где процессы ренатурализации протекают дольше всего, наиболее сформированные образцы почвогрунтов отмечаются под группами деревьев, сплошного покрытия субстрата органическим опадом не отмечается. В центральной и западной частях дна карьера мощность формирующихся почвогрунтов не превышает 1 см, слой опада под растительностью маломощный. Однако в центральной части в понижении рельефа в связи с особенностями увлажнения сравнительно хорошо сформирован растительный покров и в почвогрунты обогащаются органическими веществами. Напротив, в западной части в почвогрунты в связи с изреженностью растительности практически не поступает растительный опад, и лишь местами наблюдаются «пятна» образуемые накипными лишайниками. На обвально-осыпных склонах, крупных глыбах некондиционных пород, выходах плотного скального фундамента развитие почвогрунтов практически не наблюдается.

Таким образом, на территории карьера в целом субстрат представляет собой карбонатный мелкозем, местами обогащенный органическими веществами растительного опада.

На всех пробных площадях, располагающихся за пределами карьера, наблюдается полностью сформированный сплошной почвенный покров, однако его мощность в среднем не превышает 10-15 см. На участке, расположенном в пределах пос. Красная Глинка (пр. пл. 1) субстрат представляет собой типичный городской технозем.

В 2011 году было проведено исследование почвенных образцов экологического профиля, заложенного от селитебной зоны Красноглинского района г.о. Самара через Сокольи горы и Усть-Сокский карьер с целью выявления эколого-геохимических особенностей почвогрунтов карьера по сравнению с ненарушенными и почвами Сокольных гор и техноземами городской территории.

Все проанализированные образцы имели слабощелочную и щелочную реакцию почвенного раствора, варьирующую в пределах 7,22-8,78 (рис. 3.1),

что очевидно связано с высокой карбонатностью подстилающих почвообразующих пород. Стоит отметить, что 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.

При исследовании процессов почвообразования на отвалах КМА получены сходные данные по величине рН (Голеусов, Лисецкий, 2014).



Рис. 3.1. Уровень рН в исследованных образцах.

Одним из важнейших показателей, характеризующих качество почв, является содержание органического углерода, являющегося составной частью гумуса ($C_{орг}$).

Во всех отобранных образцах почв и почвогрунтов было зафиксировано наличие органического углерода (рис. 3.2). Наибольшее содержание $C_{орг}$ (4,03-4,33%) отмечено для почв пробных площадей, расположенных на южном и северном склонах Сокольных гор, покрытых лесом (пр. пл. 2-5). Почвы равнинной территории, не покрытой лесами и примыкающей к западной оконечности Усть-Сокского карьера, а также почвы Столового склона (пр. пл. 12, 15) содержали несколько меньше $C_{орг}$

(3,63-4,32%). Наиболее низкое содержание $C_{\text{орг}}$ (0,25-2,13%) обнаружено в почвогрунтах исследуемого карьера. Также стоит отметить, что содержание органического углерода на нижележащих террасах (пр. пл. 13, 14) значительно ниже, чем на верхних (пр. пл. 7, 11). Кроме того, содержание $C_{\text{орг}}$ на второй сверху террасе (пр. пл. 7) практически не отличается от почв северного подножия Сокольных гор (пр. пл. 6). Вероятно это можно объяснить намывом сформированных почв окружающих территорий. Содержание органического углерода в техноземах (пр. пл. 1) сопоставимо с аналогичным показателем для восточной части карьера и несколько выше, чем для остальных участков, расположенных на дне карьера, но значительно ниже, чем в ненарушенных почвах.



Рис. 3.2. Содержание органического углерода в исследованных образцах.

Биологические циклы азота и углерода сопряжены (Добровольская и др. 2015). При разложении органических остатков и минерализации гумуса образуется аммонийный азот (NH_4^+), который в процессе нитрификации трансформируется хемотрофными микроорганизмами в нитритную (NO_2^-) а затем нитратную (NO_3^-) формы (Дурынина, Егоров, 1998; Титлянова и др., 1993; Camberato, 2001). Аммонийный азот является наиболее предпочтительной формой для питания растений, однако интенсивность ассимиляции минеральных форм азота зависит от свойств почвы (рН,

содержания катионов, соотношения аммония и нитратов), фазы развития и особенностей биологии конкретных видов растений (Умаров и др., 2007).

Результаты количественного выявления минеральных форм азота в изучаемых почвах и почвогрунтах представлены на рис. 3.3-3.5.

В целом максимальные концентрации всех минеральных форм азота обнаруживаются в почвах пробных площадей, расположенных на лесистых северном и южном склонах Сокольных гор, а минимальные концентрации – в почвогрунтах пробных площадей, заложенных на днище и террасах Усть-Сокского карьера.

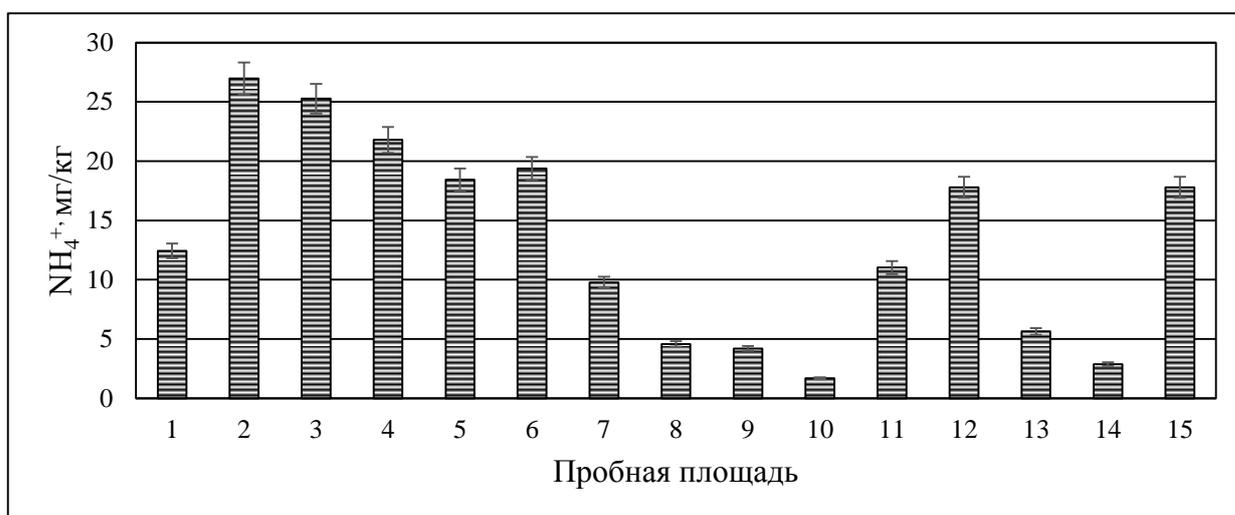


Рис. 3.3. Содержание аммонийного азота в исследованных образцах.

В изучаемых образцах содержание аммонийного азота варьировало от 1,69 до 26,97 мг/кг почвы (рис. 3.3). Наибольшее количество отмечено в ненарушенных почвах (причем в образцах равнинных пространств количество NH_4^+ несколько ниже, чем в лесных). Среди пробных площадей карьера больше всего аммонийного азота зафиксировано в образцах с верхних террас, а наименьшее количество характерно для западной части. Рассматриваемый показатель для урбанозема несколько выше, чем для почвогрунтов карьера.

Количество нитритов изменялось от 0,36 до 6,92 мг/кг почвы (рис. 3.4). Содержание нитритной формы азота максимально в образцах каменистого склона (пр. пл. 12), минимально – в западной части карьера. Количество NO_2^-

в техноземе сопоставимо с аналогичным показателем почвогрунтов карьера. Стоит отметить, что данная форма азота в почвах является нестойкой и быстро переходит в другие (Ehrlich, 2002).

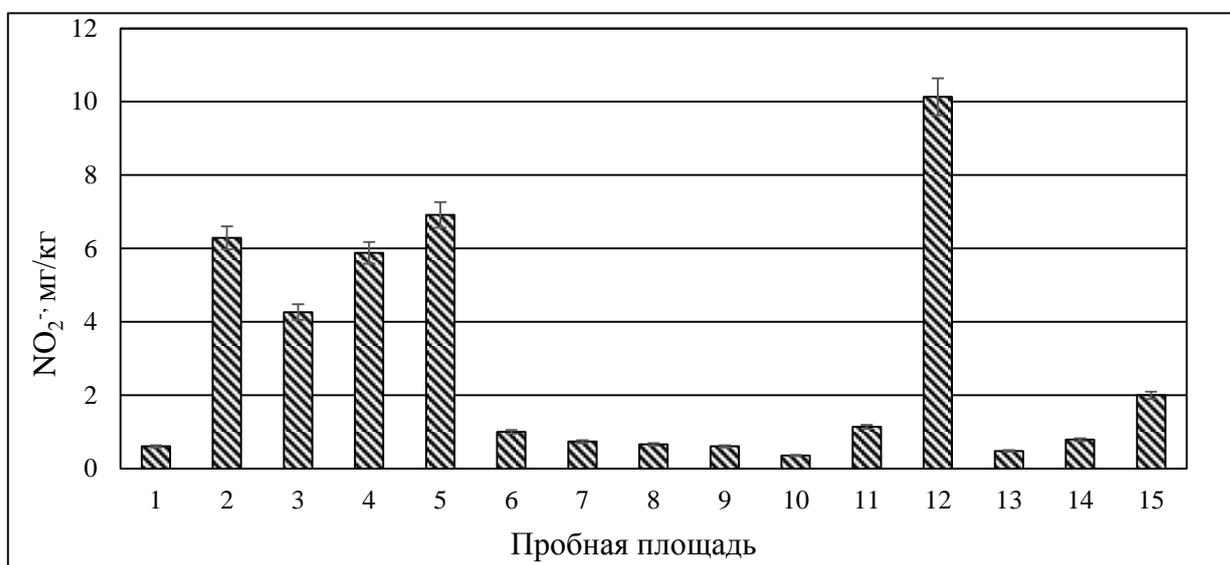


Рис. 3.4. Содержание нитритного азота в исследованных образцах.

Среди анализируемых минеральных форм азота наиболее высокими концентрациями в субстратах всех пробных площадей характеризовался нитратный азот (рис. 3.5) – от 28,54 мг/кг до 264,99 мг/кг. Наибольшее содержание данной формы азота характерно для ненарушенных лесных пробных площадей. Количество NO₃⁻ на равнинных пробных площадях лишь незначительно превышает показатели, характерные для дна карьера и сопоставимо с данными для террас. Содержание нитратной формы азота в урбаноземе было близко к аналогичным показателям почвогрунтов карьера.

Таким образом, наиболее близкими по показателям к почвогрунтам карьера являются техноземы городской территории, что свидетельствует о неблагоприятном состоянии почвогрунтов карьера. Почвы равнинного пространства Столового склона более сопоставимы с образцами из Усть-Сокского карьера (в том числе и по абиотическим условиям), чем почвы лесных пробных площадей, поэтому в дальнейшем они выступали в качестве условного контроля.



Рис. 3.5. Содержание нитратного азота в исследованных образцах.

Обеспеченность растений доступными формами азота косвенно можно определить по активности бактерий рода *Azotobacter*. Обращает на себя внимание, что данный показатель был максимален в образцах почвогрунтов Усть-Сокского карьера и значительно превышал активность азотобактера в лесных почвах (рис. 3.6). Рассматриваемый показатель для городских почв сопоставим с данными для пробных площадей южного склона Сокольных гор. Стоит отметить, что бактерии этой группы наиболее активны при щелочной реакции почв, их достаточной обеспеченности минеральным азотом и кальцием (Глазовская, Добровольская, 1984, Логинов, 2005). Почвогрунты карьера удовлетворяют первому и третьему требованиям, они богаты кальцием, характеризуются высокой щелочностью, но содержание минеральных форм азота в них невелико. Кроме того отмечена положительная корреляция активности бактерий рода *Azotobacter* с содержанием гумуса (Морозова, 2011). Вероятно, что повышенную активность азотобактера можно объяснить усиленной фиксацией молекулярного азота из атмосферного воздуха в условиях дефицита субстратного азота.

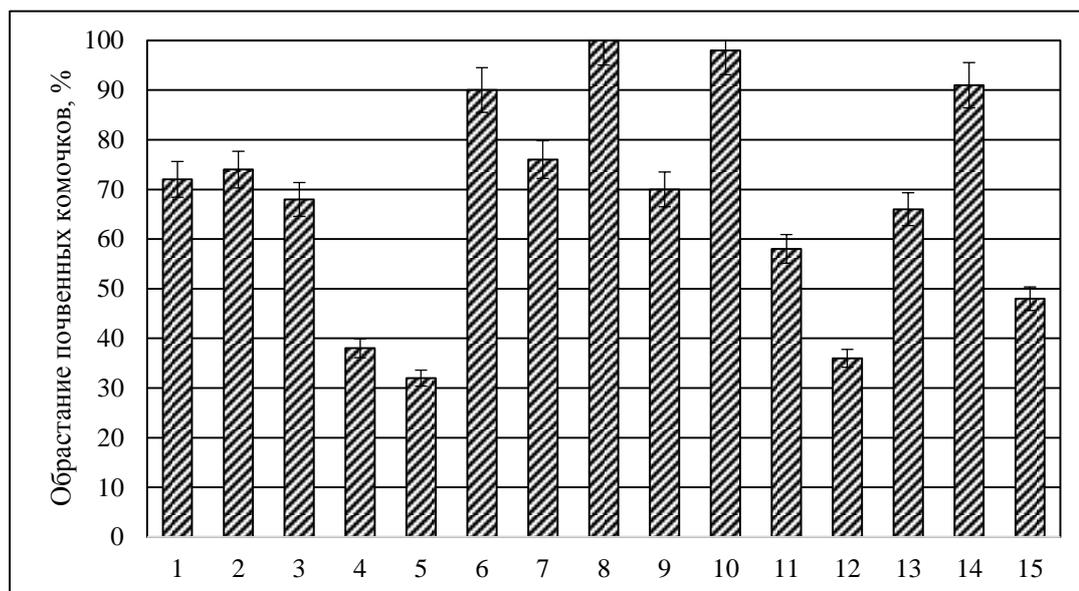


Рис. 3.6. Активность бактерий рода *Azotobacter* в исследованных образцах.

Анализ распределения тяжелых металлов в почвах и почвогрунтах изучаемых пробных площадей выявил своеобразие в распределении изучаемых элементов (рис. 3.7-3.11). Так, колебания концентраций Cu и Zn сходны с характером распределения $C_{орг}$ и минеральных форм азота (рис. 3.8, 3.9). Их максимальные концентрации также были выявлены в почвах лесных пробных площадей, а минимальные – в почвогрунтах карьера. Обратная картина наблюдалась для Pb и Cd: их максимальные концентрации, достигающие уровня ПДК, были выявлены в почвогрунтах карьера, а минимальные – в почвах лесных пробных площадей и урбаноземе (рис. 3.7, 3.10). Содержание Ni в исследованных образцах было достаточно близким и варьировало от 22,0 до 33,6 мг/кг (рис. 3.11).

Стоит отметить, что органические кислоты, входящие в состав гумуса снижают доступность тяжелых металлов для растений. Повышенная карбонатность почв также препятствует поглощению растениями тяжелых металлов (Bruemmer et al., 1986; Violante et al. 2008; Violante et al. 2010).

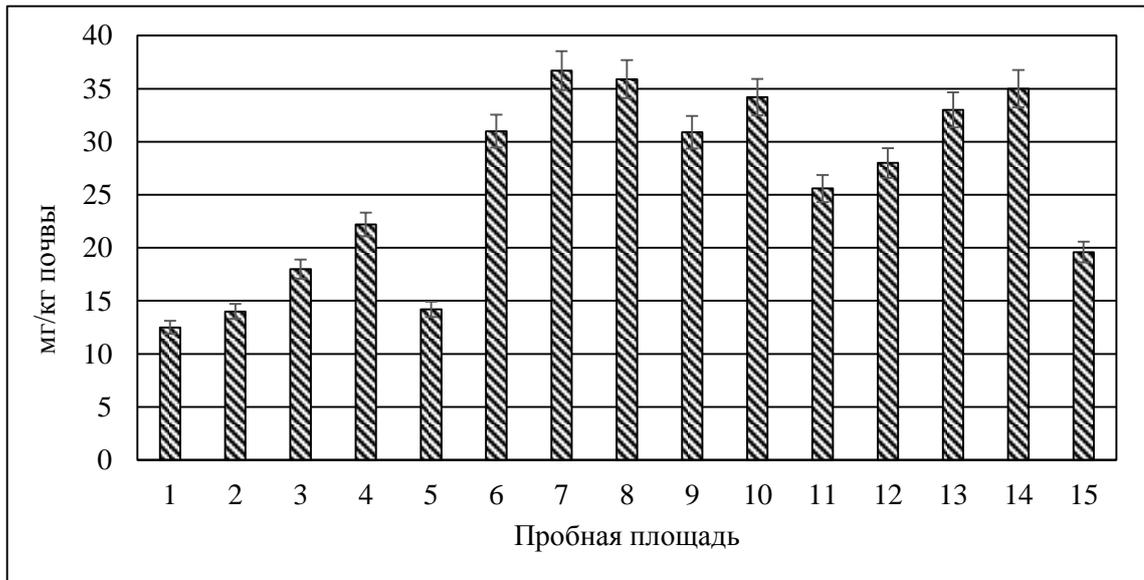


Рис. 3.7. Содержание Pb в исследованных образцах.



Рис. 3.8. Содержание Cu в исследованных образцах.

Таким образом, на основании исследований эколого-геохимического профиля, осуществленных в 2011 году, можно заключить, что в карбонатном мелкозем, формирующемся на вскрытом скальном днище и террасах карьера, накапливаются $C_{орг}$ и основные минеральные формы азота (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), что свидетельствует о протекании процессов почвообразования. Кроме того, почвы пробных площадей, заложенных на территории лесного

массива, по исследованным параметрам значительно отличаются от почвогрунтов карьера. Очевидно это связано со спецификой абиотических условий, и в связи с этим в дальнейшем решено было сосредоточиться на изучении параметров карбонатного мелкозема днища карьера (как наиболее типичного на рассматриваемой трансформированной территории), а в качестве контроля использовать пробную площадь, расположенную на Столовом склоне, как более близкую по абиотическим условиям.



Рис. 3.9. Содержание Zn в исследованных образцах.

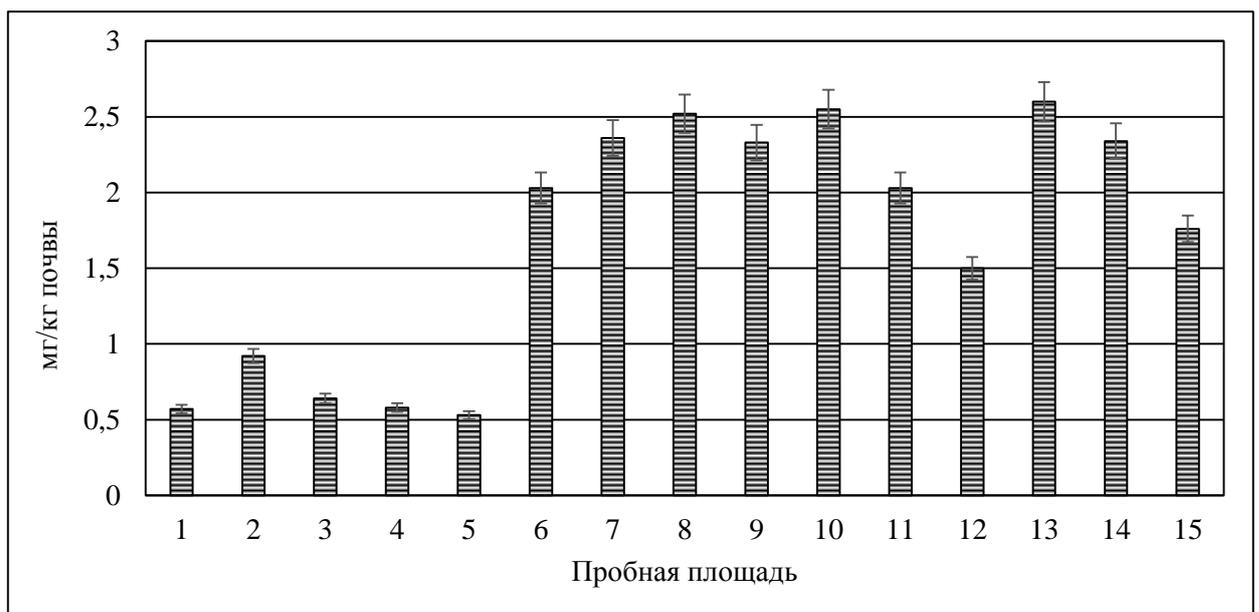


Рис. 3.10. Содержание Cd в исследованных образцах.

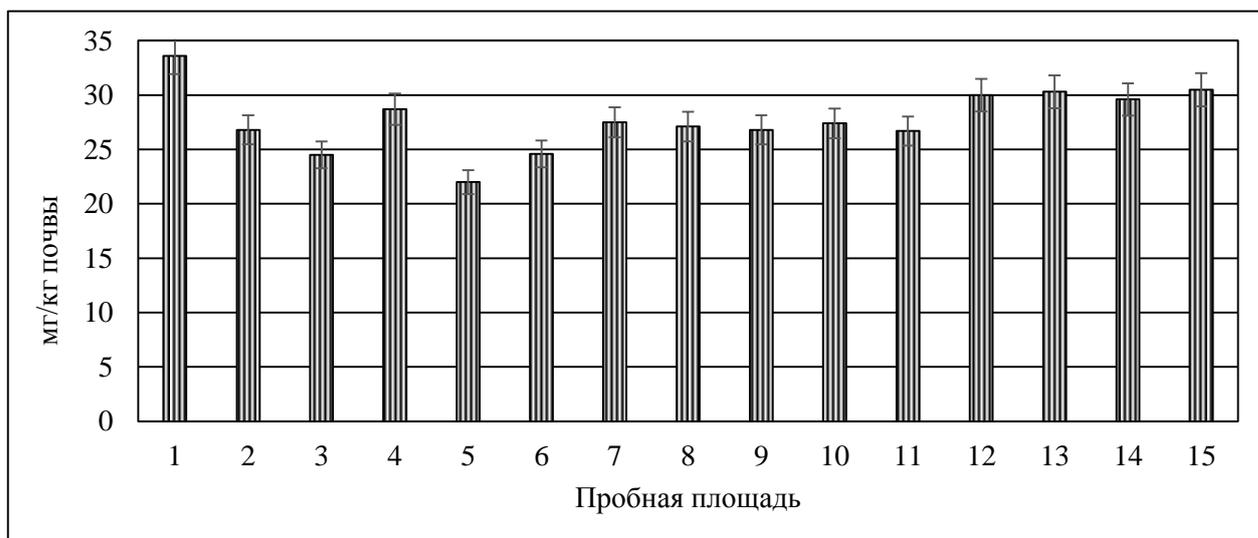


Рис. 3.11. Содержание Ni в исследованных образцах

3.2. Результаты исследования пространственно-временной динамики рассматриваемых показателей для почвогрунтов Усть-Сокского карьера

Полученные при исследовании динамики рассматриваемых показателей в период с 2011 по 2014 год данные сравнивались по критерию Манна-Уитни (Приложение 2). Показатели pH всех исследованных почвогрунтов и контрольных почв изменялись в пределах от слабощелочного до щелочного и варьировали от 7,31 до 8,99 (рис. 3.12), причем оба значения были зафиксированы для контрольного участка в 2013 и 2011 годах соответственно. Таким образом, наиболее заметные колебания pH были характерны для сформированных почв контрольного участка. Наименьшая амплитуда колебаний обнаружена для западной части карьера, позднее всего выведенной из эксплуатации. Незначительная динамика pH анализируемого субстрата, очевидно, связана со слабым развитием почвенного покрова в западной части карьера и высокой буферностью карбонатов. Различия между исследуемыми участками по рассматриваемому показателю недостоверны.

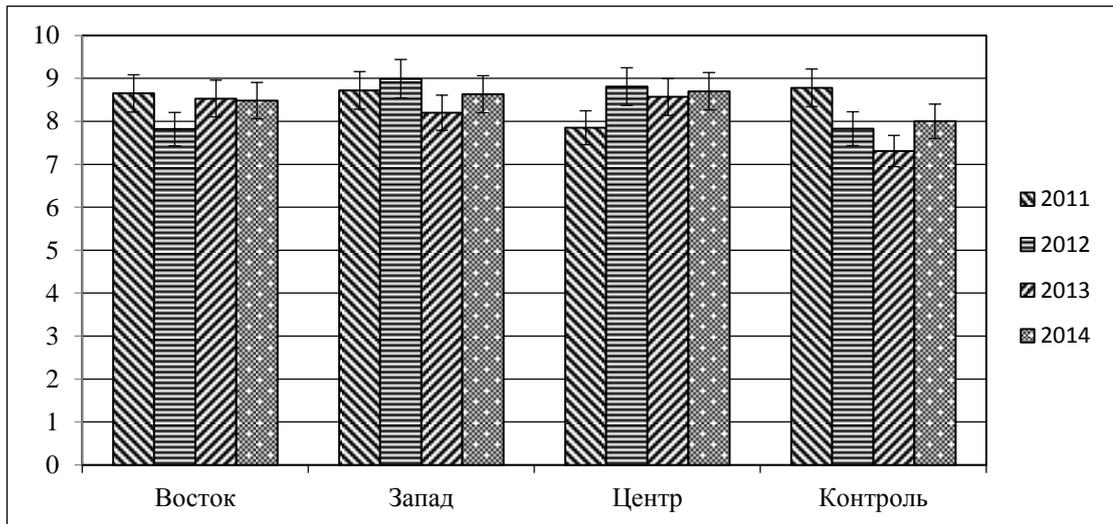


Рис. 3.12. Динамика показателя рН в исследованных образцах.

Содержание органического углерода ($C_{орг}$) в исследованных образцах колебалось в пределах 0,25-1,87% (рис. 3.13). Среднее содержание $C_{орг}$ в контрольных почвах Столового склона было существенно выше и составило в среднем 3,6%. По исследуемому показателю зафиксировано достоверное различие между пробными площадями на территории карьера и контролем. Различия между пробными площадями карьера оказались недостоверными. Выявленная в период исследований динамика содержания органического углерода, вероятно, объясняется тем, что в почвогрунтах карьера протекает первичное накопление гумуса, которое осуществляется относительно небольшой период времени и процессы его синтеза и распада пока не уравновешены. В связи с неустойчивостью и рассогласованностью данных процессов в формирующихся почвах в целом в период исследований наименее выраженные колебания в содержании органического углерода наблюдались в контрольных почвах. В почвогрунтах карьера колебание были более выражены. В свою очередь, среди них наименьшие колебания были характерны для образцов из центральной части, а наибольшие – для западной.

Согласно имеющимся литературным данным (Максимова, Абакумов, 2011), содержание органического углерода в формирующихся на отвалах

известняков почвах колеблется в пределах 0,26-3,08%, что совпадает с полученными нами данными.

Как следует из полученных данных, среди анализируемых минеральных форм азота наиболее высокими концентрациями в субстратах всех пробных площадей характеризовался нитратный азот, а наименее высокими – нитритный азот.

Количество аммонийного азота в контрольных почвах в определенные периоды наблюдений на порядок превышало аналогичные показатели для почвогрунтов карьера, нитритного – в среднем в 2-5 раз, различия в количестве нитратного азота были не столь ярко выражены (рис. 3.14-3.16).

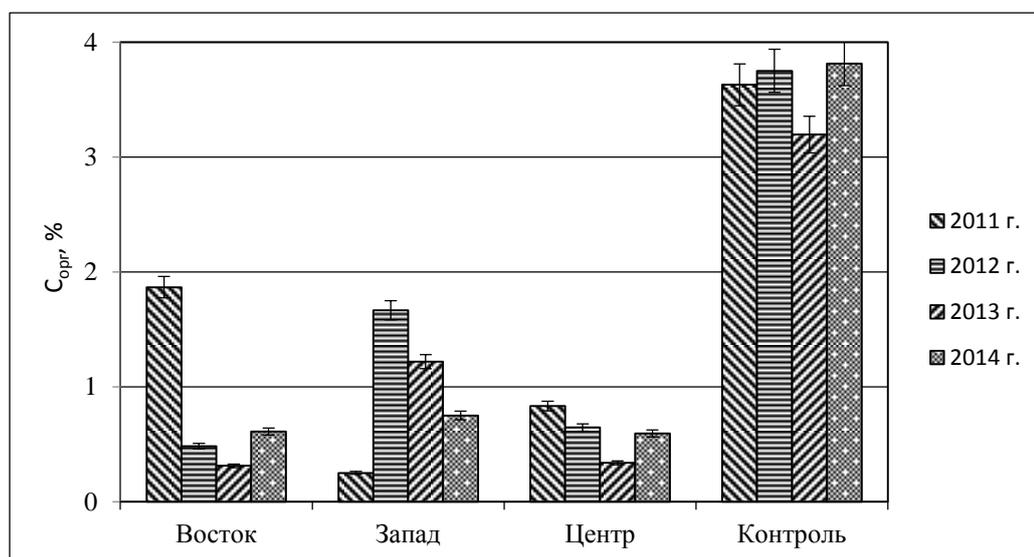


Рис. 3.13. Динамика содержания органического углерода в исследованных образцах.

Содержание аммонийной формы азота в почвогрунтах карьера колебалось в пределах 0,74-6,64 мг/кг почвы (рис. 3.10). Наибольшее его содержание фиксировалось в центральной части карьера, наименьшее – в восточной. Выявленная в период исследований динамика данного показателя может быть связана с протекающими процессами почвообразования и климатическими особенностями каждого сезона.

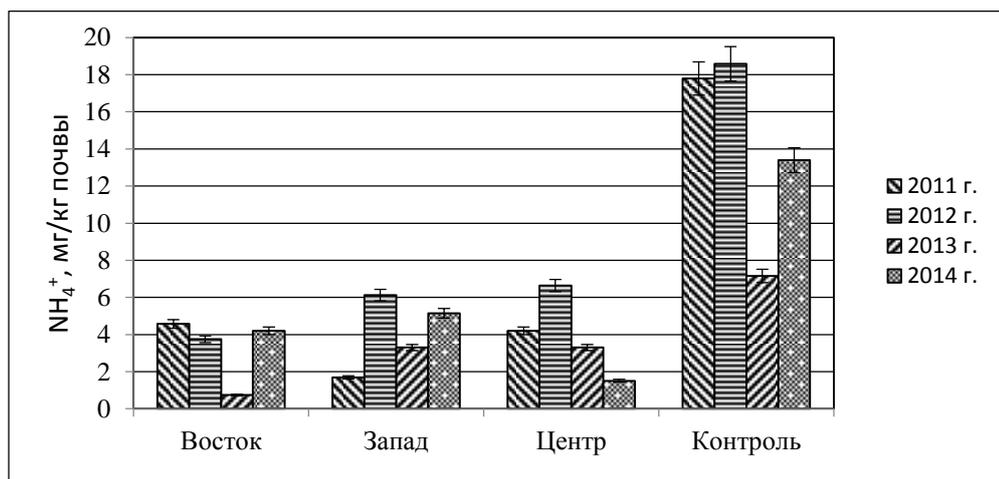


Рис. 3.14. Динамика содержания аммонийного азота в исследованных образцах.

Количество нитритного азота в исследованных образцах варьировало в пределах от 0 до 2,46 мг/кг почвы (рис. 3.11), причем и наибольшее, и наименьшее содержание было зафиксировано в центральной части карьера.

Содержание нитритного азота в исследуемых почвах и почвогрунтах подвержено значительным колебаниям, что вероятно связано с неустойчивостью данной формы минерального азота в почве и её сравнительно быстрой трансформацией в нитратный азот.

Количество нитратной формы азота в изучаемых почвогрунтах и почве было зафиксировано в пределах 19,27-69,51 мг/кг почвы (рис. 3.12). Максимальное и минимальное значение отмечались в западной и центральной части карьера соответственно.

Количество нитратного азота в формирующихся почвогрунтах несколько уступает его количеству в контрольных почвах, однако в относительном выражении отставание не столь существенно, как в случае с двумя другими формами минерального азота. Причиной этого может быть более высокая устойчивость нитратных соединений в почве. В дальнейшем нитратный азот подвергается воздействию денитрифицирующих организмов (переходя в аммонийную форму), либо поглощается растениями, включаясь в состав органических соединений (Титлянова, 2009).

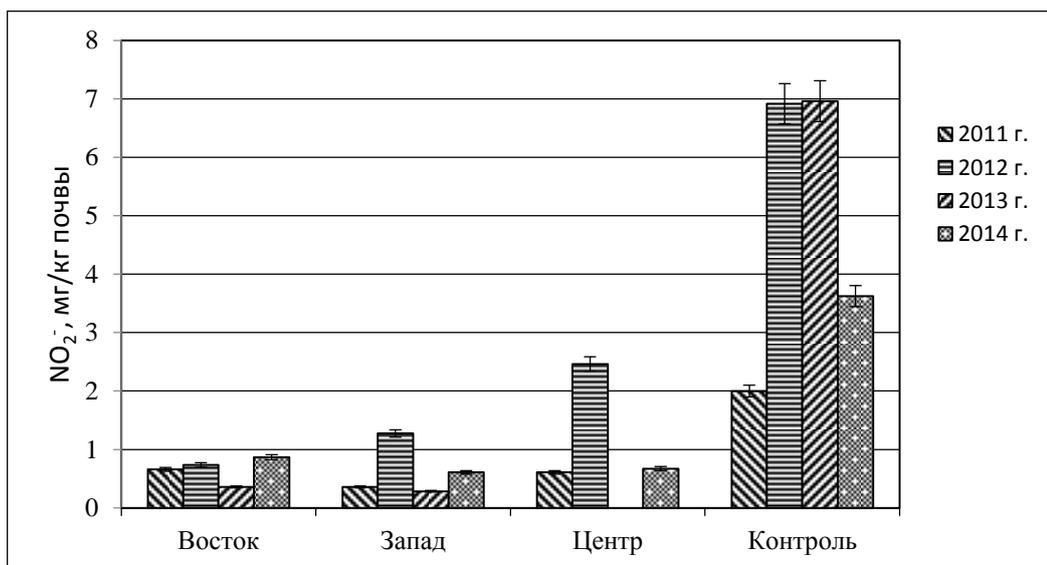


Рис. 3.15. Динамика содержания нитритного азота в исследованных образцах

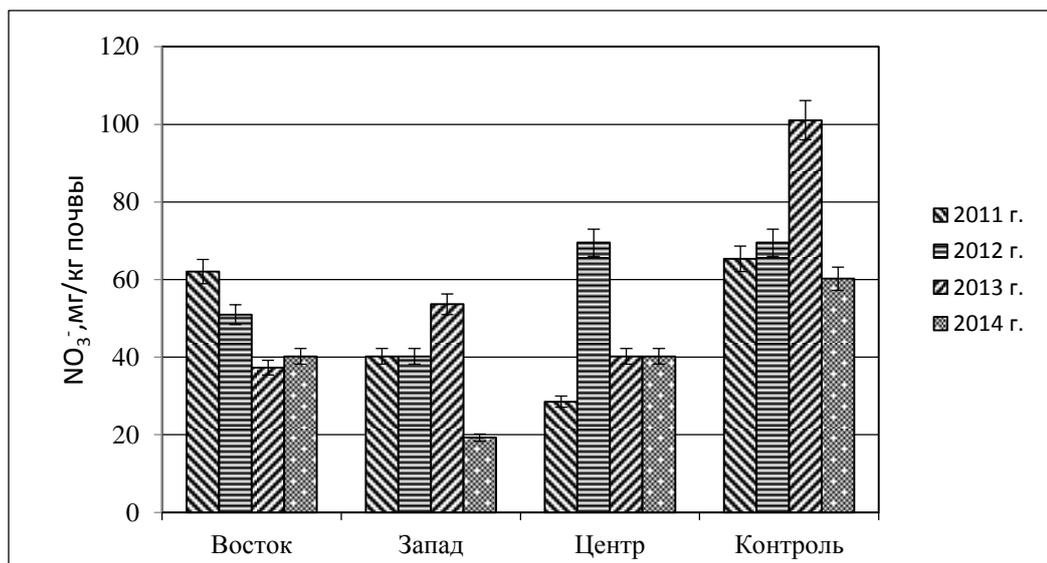


Рис. 3.16. Динамика содержания нитратного азота в исследованных образцах

В целом колебания в содержании минеральных форм азота в период проведения исследований не имеют ярко выраженной однозначной закономерности, причем как в контрольных почвах, так и в формирующихся почвогрунтах карьера. Однако для всех форм минерального азота колебания более выражены для контрольных почв. Среди почвогрунтов карьера наибольшими колебаниями характеризуются образцы из центральной части, наименьшими – из восточной. Вероятно, это можно объяснить

протекающими процессами почвовосстановления и становлением азотного цикла в формирующихся почвах. Согласно Титляновой (2009) полный азотный цикл при сукцессиях складывается очень быстро, однако требуется значительное время для формирования его стационарного состояния. Кроме того в течение сукцессии велика флуктуационная составляющая.

По литературным данным (Торохова, Агурова, 2008), содержание нитритного азота в техногенных ландшафтах, сформировавшихся в результате добычи строительного сырья, колеблется в пределах 2,5-4 мг/кг почвы, что существенно ниже выявленных нами показателей. Вероятно, это связано с меньшим возрастом исследуемых нами почвогрунтов.

Однако содержание минеральных форм азота в формирующихся почвогрунтах карьера в целом ниже, чем в контрольных почвах. Наличие в исследованных образцах минеральных форм азота также косвенно подтверждает вывод о накоплении гумуса в карбонатном мелкоземе карьера.

Об интенсивности процесса накопления в почвогрунтах минеральных форм азота можно косвенно судить по их микробиологической активности, которую определяли по методу культивирования на безазотистой среде Эшби.

Процент обрастания комочков почвы при культивировании бактерий рода *Azotobacter* для исследуемых почвогрунтов карьера на всех участках не опускался ниже 70%, а в целом приближался к 100% (рис. 3.17). Средний диаметр колоний колебался от 1 до 6 мм (рис. 3.18). И наибольший, и наименьший средний диаметр колоний был выявлен для образцов из восточной части карьера. Для контрольного участка процент обрастания в разные годы колебался от 48 до 96%, а диаметр колоний в среднем не превышал 1 мм.

Таким образом на фоне незначительного количества минеральных форм азота в субстрате увеличивается активность азотфиксирующих микроорганизмов.

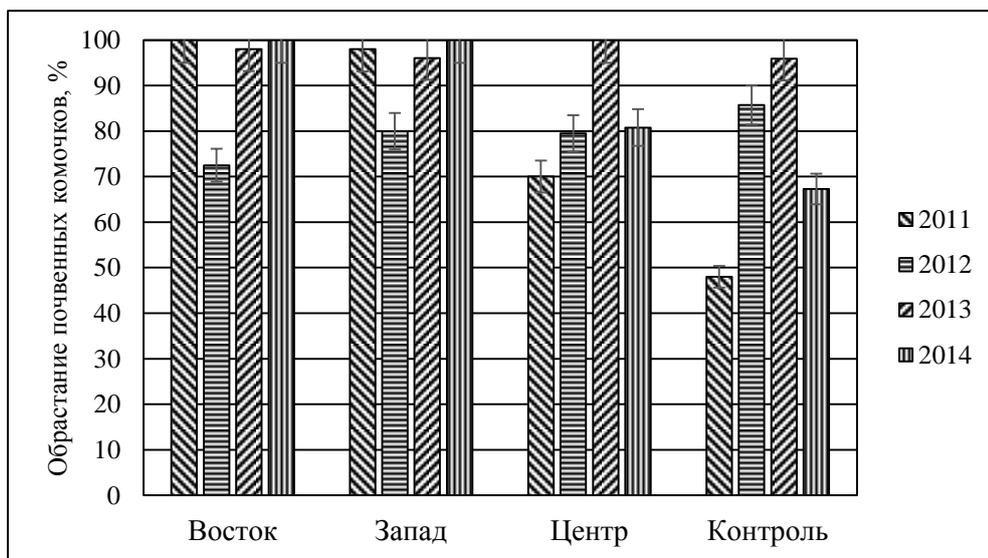


Рис. 3.17. Пространственно-временная динамика активности бактерий рода *Azotobacter*.

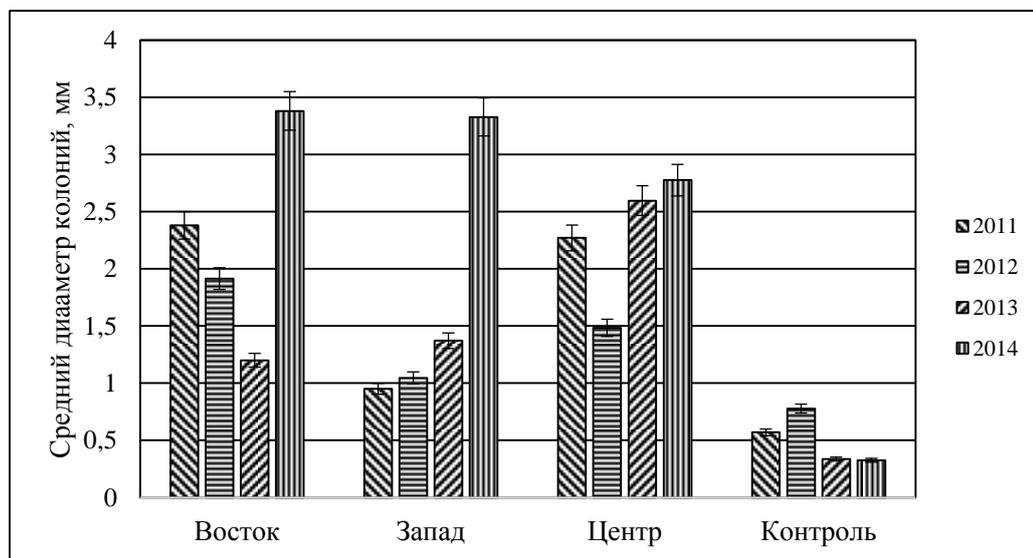


Рис.3.18. Изменение среднего диаметра колоний бактерий рода *Azotibacter*.

3.3. Содержание некоторых химических элементов в почвогрунтах карьера.

Отражением процессов вторичного почвообразования и степени техногенной нагрузки на территорию могут в определенной степени служить данные о динамике содержания макро- и микроэлементов в изучаемых почвогрунтах.

На рис. 3.19-3.23 представлены данные, полученные методом атомно-

абсорбционной спектроскопии почвогрунтов, отобранных в 2011 и 2012 годах. Данные по фоновому содержанию и ПДК тяжелых металлов взяты из работы Н.В. Прохоровой и Н.М. Матвеева (2000) Содержание меди и цинка в почвах контрольной пробной площади примерно вдвое выше, чем в образцах с опытных пробных площадей. Напротив, количество свинца в почвогрунтах карьера несколько выше, чем в контроле. Содержание никеля и кадмия примерно одинаково как в контрольных почвах, так и в почвогрунтах карьера.

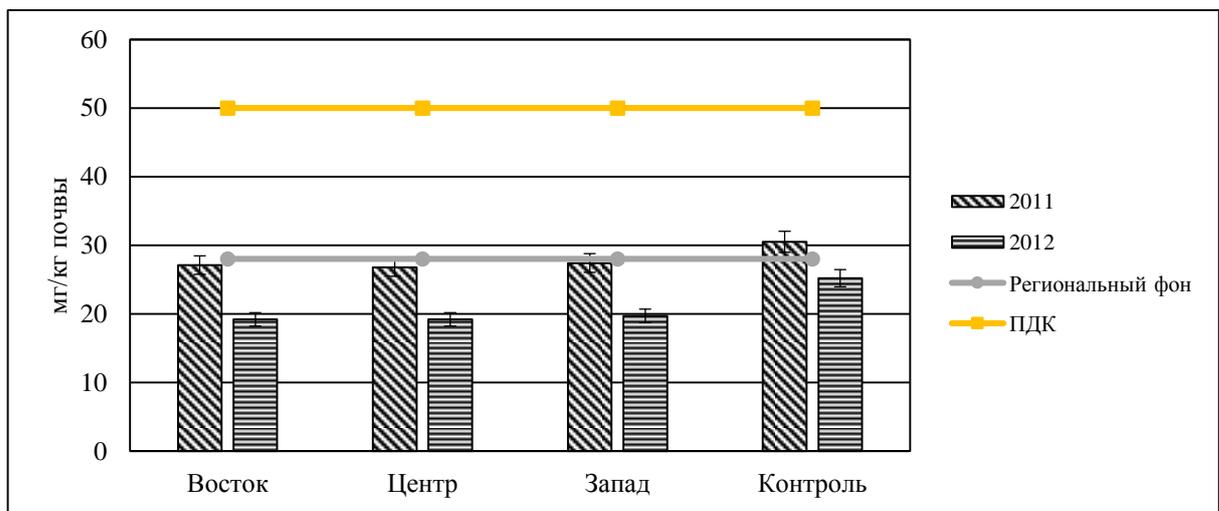


Рис. 3.19. Динамика содержания никеля.

Среди анализируемых пробных площадей карьера различия в содержании тяжелых металлов практически отсутствуют.

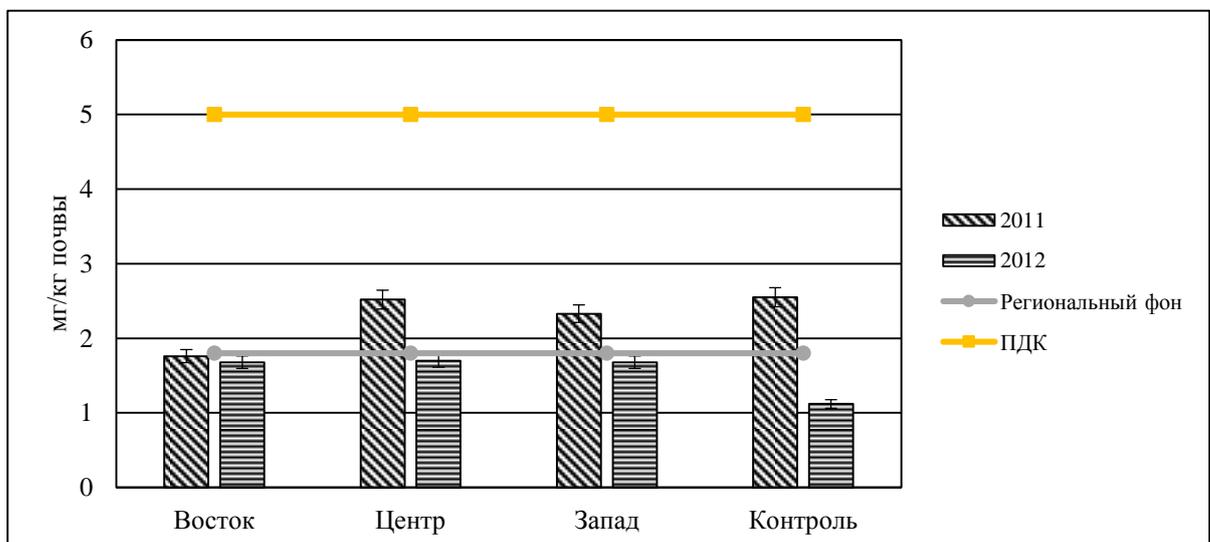


Рис. 3.20. Динамика содержания кадмия.

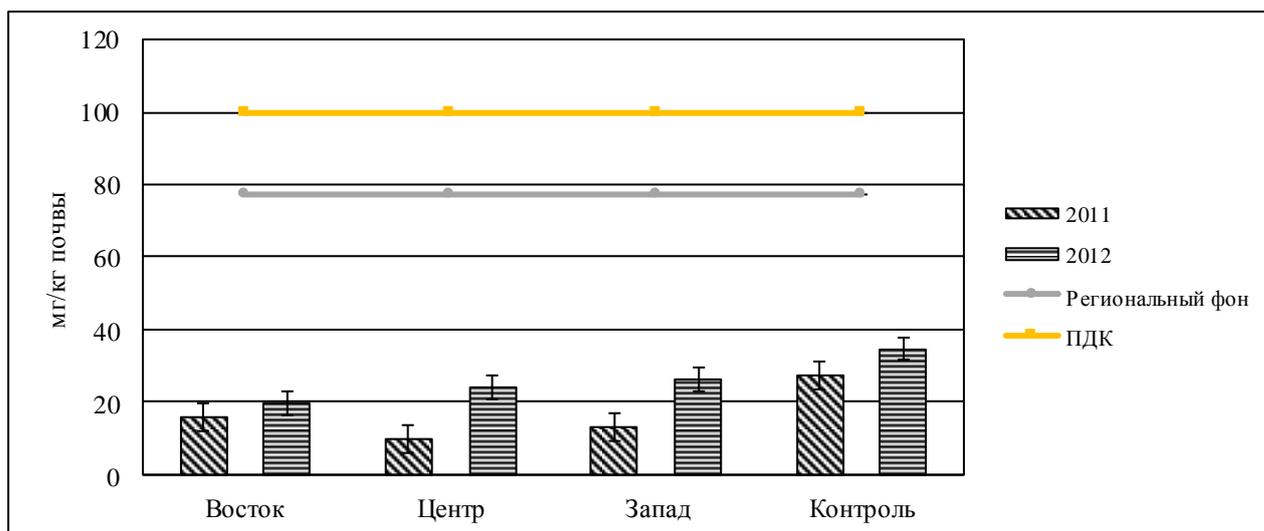


Рис. 3.21. Динамика содержания цинка.

За период 2011-2012 гг. во всех исследованных образцах снизилось содержание никеля и кадмия, причем наиболее выраженное уменьшение количества первого элемента произошло в почвогрунтах карьера, а второго – на контрольной площади.

Напротив, увеличилось содержание цинка, но его количество все же значительно ниже регионального фона.

В то же время не зафиксировано существенных изменений количества свинца и меди.

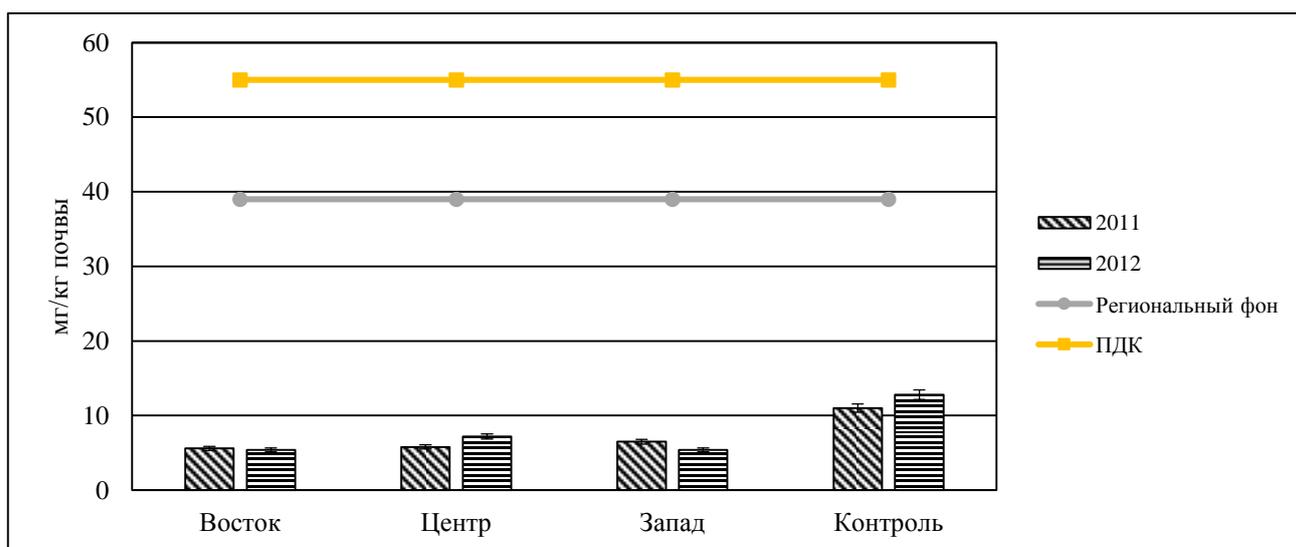


Рис. 3.22. Динамика содержания меди.

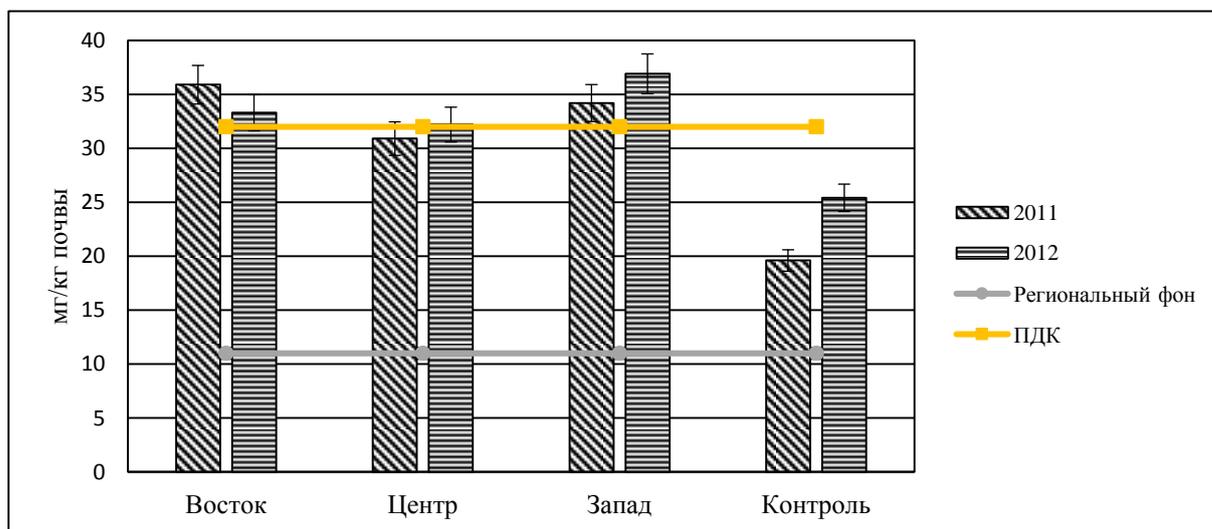


Рис. 3.23. Динамика содержания свинца.

3.3. Содержание макро- и микроэлементов в почвогрунтах карьера

Помимо $S_{орг}$ и минеральных форм азота, в протекании первичного почвообразовательного процесса немаловажную роль играет валовое содержание в формирующихся почвогрунтах микро- и макроэлементов. Для рассмотрения особенностей накопления некоторых химических элементов в почвогрунтах Усть-Сокского карьера в 2013 году дополнительно к основным (пр. пл. 2 – восточная часть; пр. пл. 4 – центральная часть; пр. пл. 5 – западная часть; пр. пл. 6 – Столовый склон, контроль) были заложены пробные площади на второй сверху террасе восточной оконечности карьера (пр. пл. 1), и в районе естественного озера в центральной части карьера (пр. пл. 3). Количественное содержание рассматриваемых элементов выявлялось в специализированной лаборатории методом рентгенофлуоресцентного анализа. Следует отметить, что в тех или иных концентрациях в исследуемых образцах присутствуют все анализируемые химические элементы.

Наиболее низкое содержание Са (рис. 3.24) было отмечено в сформированных почвах Столового склона (65700 мг/кг). В поверхностном слое карбонатного субстрата карьера его содержание было высоким и варьировало от 193200 до 421900 мг/кг. В целом количество данного

элемента в почвогрунтах было на порядок выше, чем в контроле, что объясняется химическим составом извлеченных на дневную поверхность минералов, на 50% и более состоящих из кальцита (Федоров и др., 2008). Среди опытных пробных площадей наименьшее содержание Са было отмечено в наиболее давно заброшенной восточной части карьера, где процесс почвообразования протекает примерно на 10 лет дольше, чем в его центральной и западной частях. Максимум содержания Са был характерен для почвогрунтов центральной части, а средний уровень – для восточной части карьера.



Рис. 3.24. Содержание Са в почвогрунтах карьера.

Для распределения К была характерна обратная зависимость (рис. 3.25): максимальная концентрация зафиксирована в почвах Столового склона (13900 мг/кг), а в почвогрунтах карьера она варьировала в пределах 1700–7600 мг/кг.

Стоит отметить, что содержание Са в почвогрунтах значительно превышает содержание данного элемента в почвенном покрове лесостепного и степного Поволжья, а содержание К уступает ему (Прохорова, 2005).

Сходным типом распределения характеризовался Р (рис. 3.26). Высокая концентрация данного элемента обнаружена в почвах Столового склона (1990 мг/кг), еще несколько большая – в почвогрунтах центральной части карьера около озера (2240 мг/кг). В почвогрунтах остальных пробных

площадей карьера содержание Р варьировало от 280 до 1160 мг/кг с заметной тенденцией к повышению в восточной части.

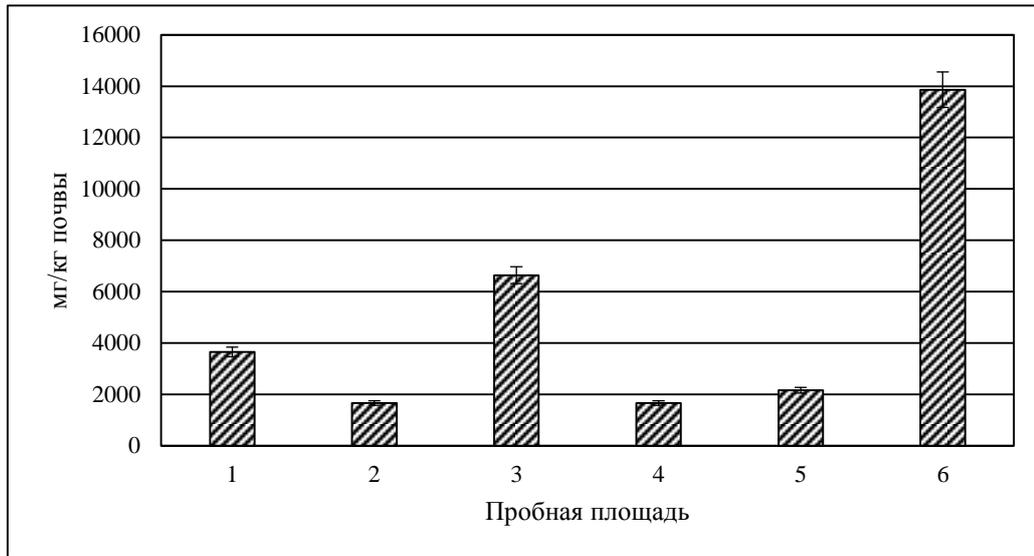


Рис. 3.25. Содержание К в почвогрунтах карьера.

Для пространственного распределения Mg (рис. 3.27) характерно определенное своеобразие. Минимальное содержание (22900 мг/кг), как и для Са, было выявлено в сформированных ненарушенных почвах Столового склона. В почвогрунтах карьера его концентрация варьировала от 49700 до 148100 мг/кг. Максимальные концентрации Mg были выявлены в восточной и центральной частях дна карьера, что, вероятно связано с высокой доломитизацией пород на данных участках (Федоров и др., 2008).

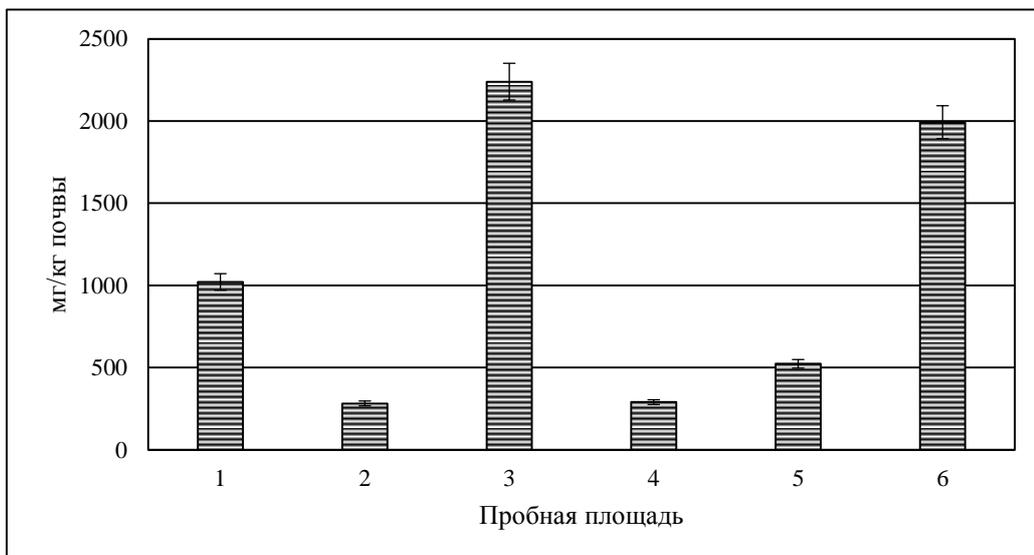


Рис. 3.26. Содержание Р в почвогрунтах карьера.

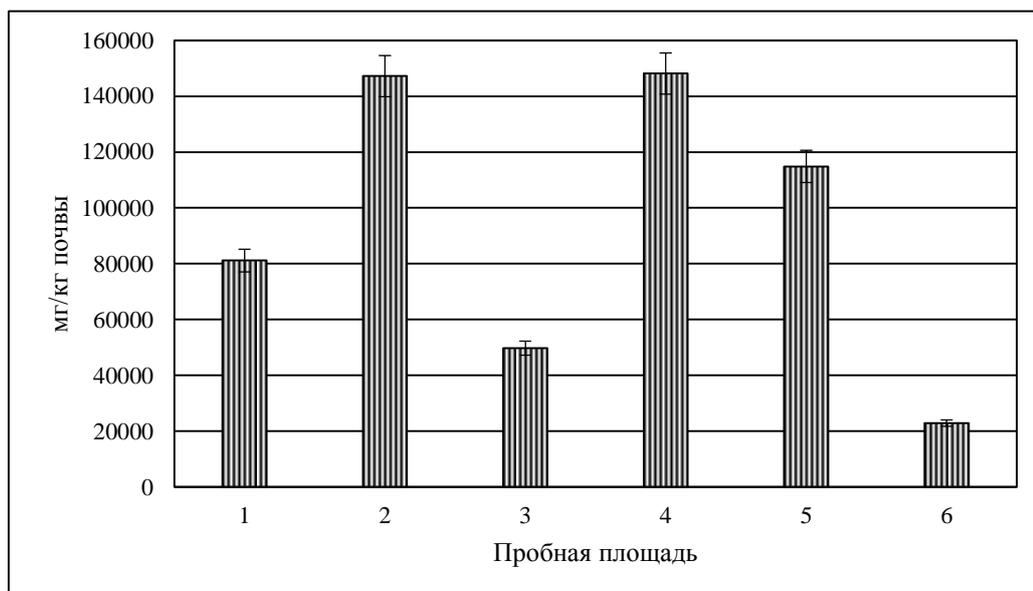


Рис. 3.27. Содержание Mg в почвогрунтах карьера.

Для Si (рис. 3.28) и Al (рис. 3.29) отмечен сходный характер пространственного распределения. Самые высокие их концентрации были выявлены в почвах контроля. В карьере их содержание на всех пробных площадях существенно уступало контролю, но на этом фоне ростом содержания Si и Al отличались верхняя терраса в восточной части карьера и пробная площадь у озера в центральной его части.

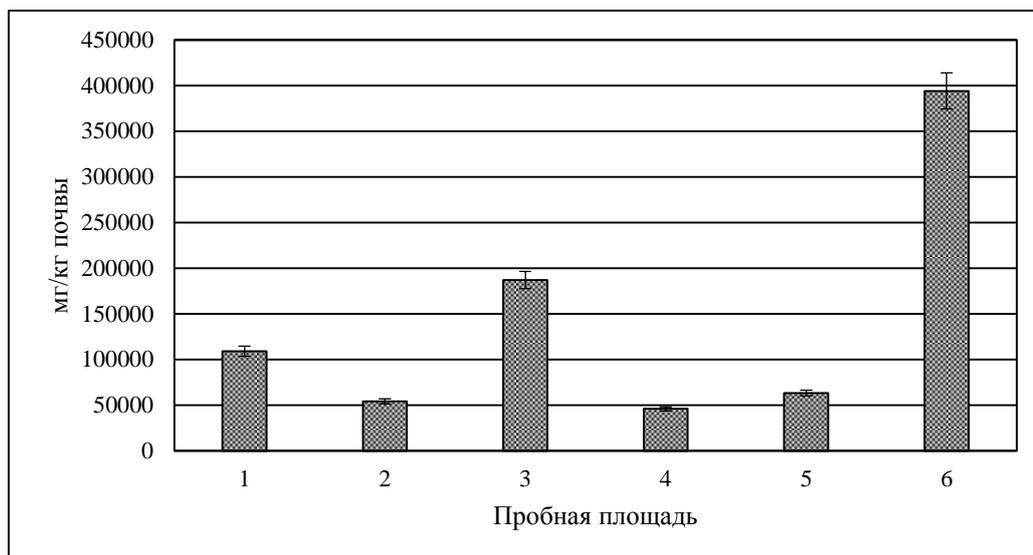


Рис. 3.28. Содержание Si в почвогрунтах карьера.

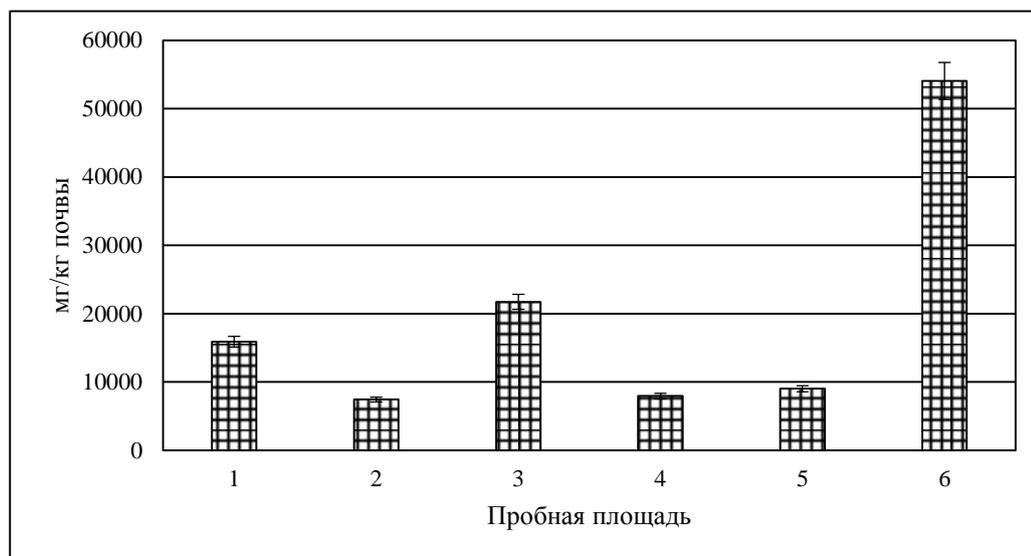


Рис. 3.29. Содержание Al в почвогрунтах карьера.

Помимо содержания основных макроэлементов была произведена оценка содержания в почвогрунтах карьера ряда микроэлементов (Ti, V, Fe, Mn, Ni, Cu, Zn, Cr, As, Sr, Pb).

В целом сходный характер пространственного распределения выявлен для Ti, Fe, Mn, V, Cr (рис. 3.30-3.34). На фоне заметного варьирования их концентраций по пробным площадям максимальные показатели были выявлены в сформированных почвах контрольного участка. В карьере повышенным, но уступающим контролю содержанием этих элементов характеризовались почвогрунты террасы в восточной части карьера и пробная площадь у озера в центральной части дна карьера.

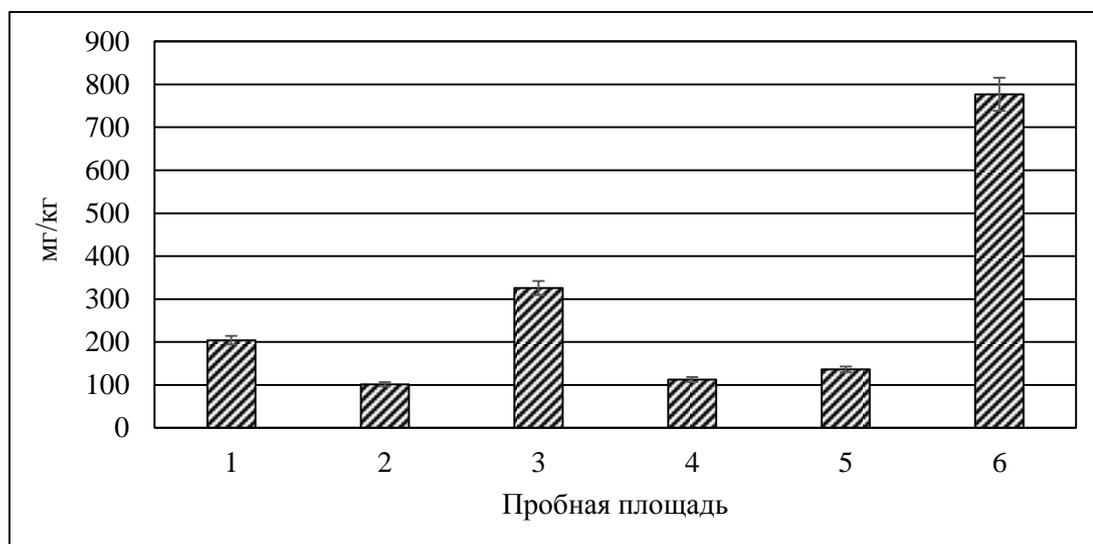


Рис. 3.30. Содержание Mn в почвогрунтах карьера.

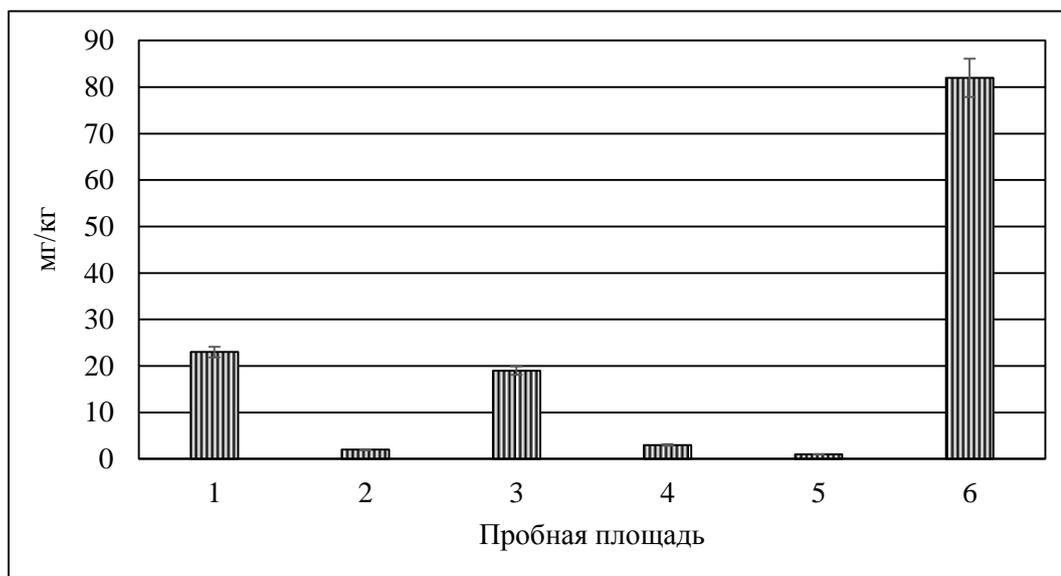


Рис. 3.31. Содержание V в почвогрунтах карьера.

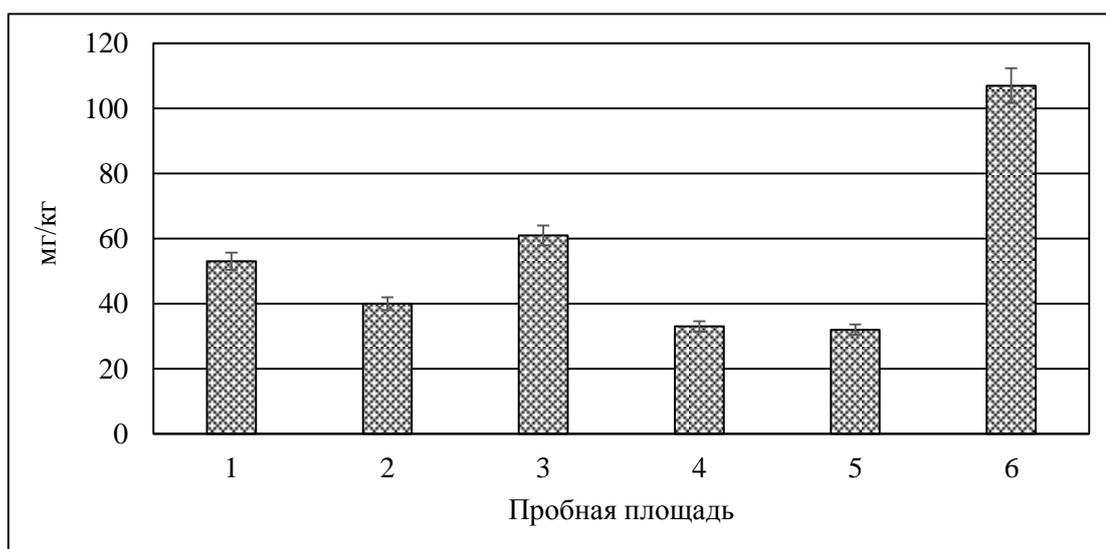


Рис. 3.32. Содержание Sr в почвогрунтах карьера.

Присутствует определенное сходство в распределении Ni и Cu (рис. 3.35, 3.36). Оно характеризуется относительной равномерностью распределения в почвогрунтах изучаемых пробных площадей. Наиболее высокие концентрации валовой формы Ni и Cu характерны для пробных площадей восточной части карьера, что в целом коррелирует с особенностями накопления органического углерода. Концентрация валовой формы Cu и Ni в почвогрунтах карьера в 1,5–3 раза выше региональных

фоновых показателей. Содержание валовой формы Cu достигает или слабо превосходит предельно допустимую концентрацию (ПДК) (55 мг/кг) на всех пробных площадях в карьере и в контроле. Содержание валовой формы Ni несколько выше или равно ПДК (80 мг/кг) только на пробных площадях в восточной части карьера.



Рис. 3.33. Содержание Ti в почвогрунтах карьера.

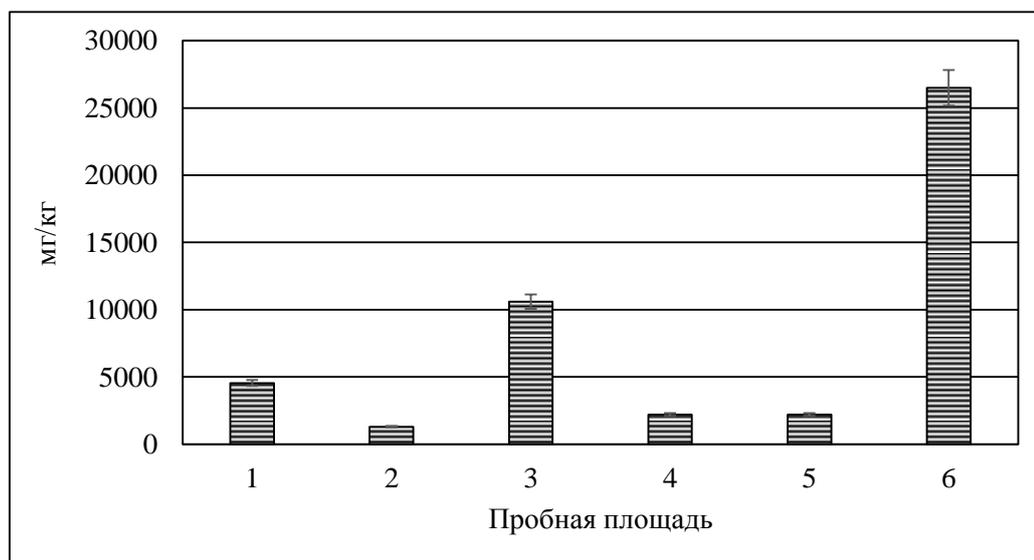


Рис. 3.34. Содержание Fe в почвогрунтах карьера.

Содержание валовой формы Zn (рис. 3.37) в целом также характеризуется относительно равномерным распределением в почвогрунтах разных частей карьера и варьирует в пределах 100–150 мг/кг. Исключение

составляет аккумулятивный участок в центральной части карьера возле озера (285 мг/кг). Для всех изучаемых пробных площадей уровень содержания валовой формы Zn выше регионального фона для почв (77 мг/кг), равен или превышает ПДК (100 мг/кг).

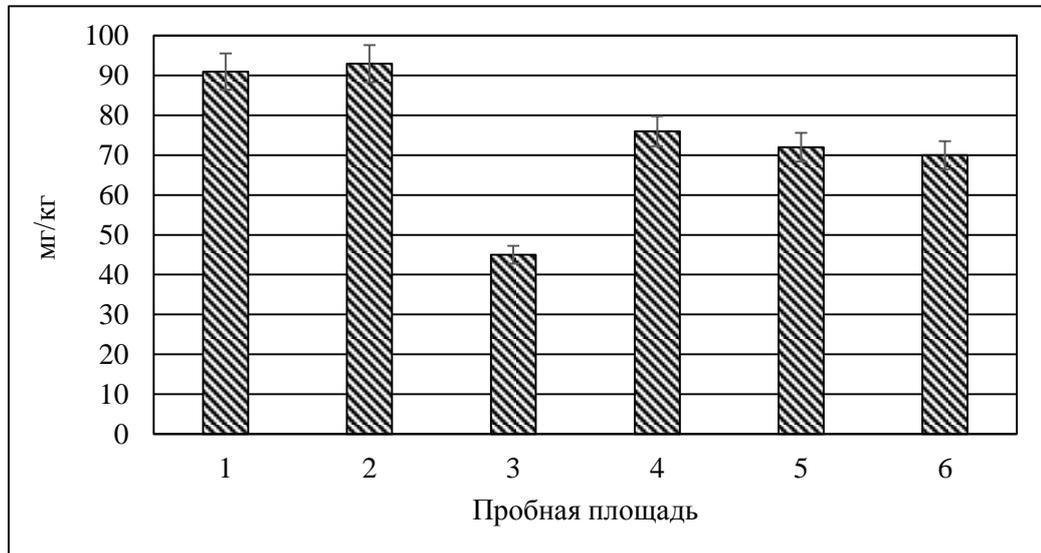


Рис. 3.35. Содержание Ni в почвогрунтах карьера.

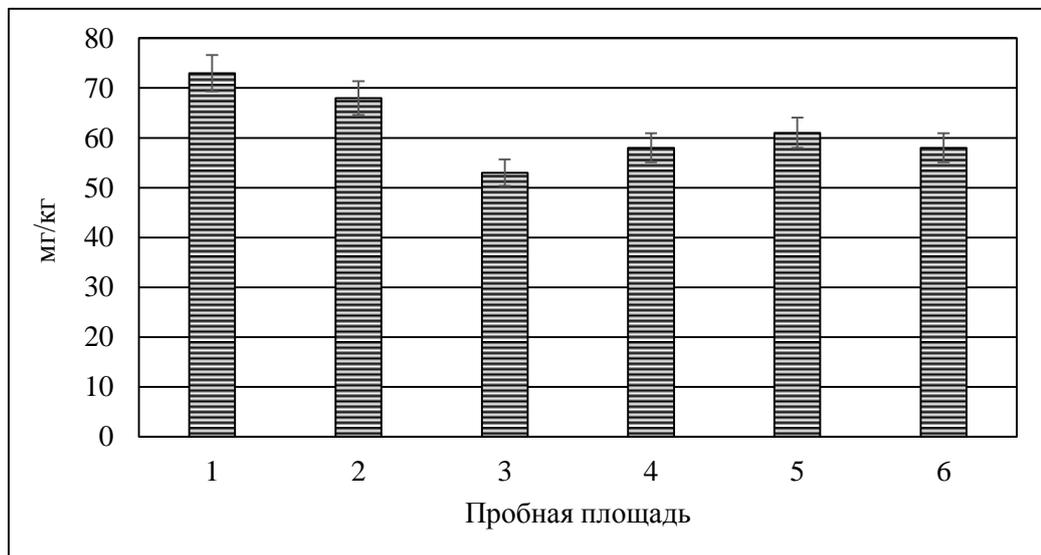


Рис. 3.36. Содержание Cu в почвогрунтах карьера.

Количество валовой формы Pb (рис. 3.38) в почвогрунтах карьера в 2 раза превышает региональные фоновые концентрации только на участке возле озера, близки к ним показатели для пробных площадей на первой и второй террасах в восточной части карьера. Небольшое превышение фона

выявлено в сформированных почвах Столового склона. На остальных пробных площадях концентрация валовой формы Pb варьирует от 0 до 5 мг/кг.

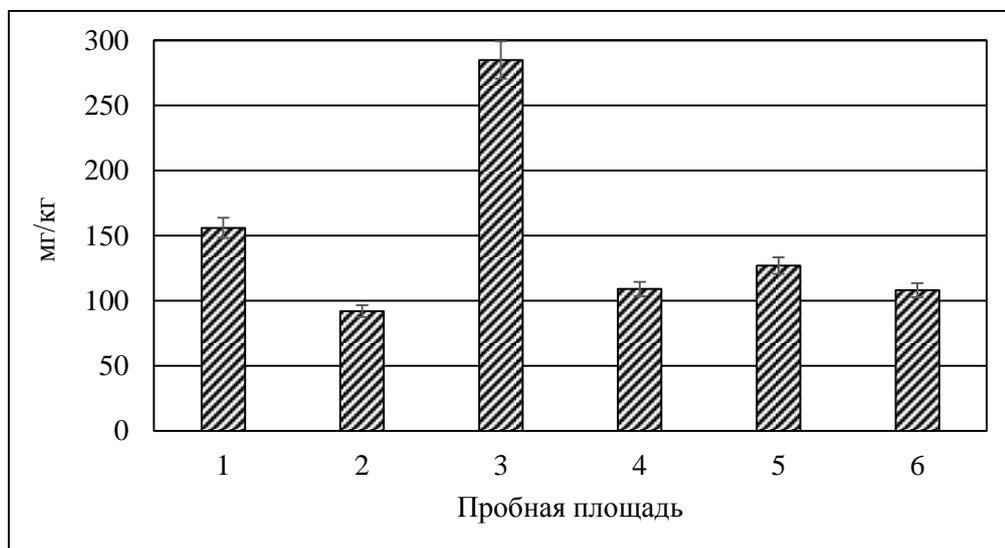


Рис. 3.37. Содержание Zn в почвогрунтах карьера.

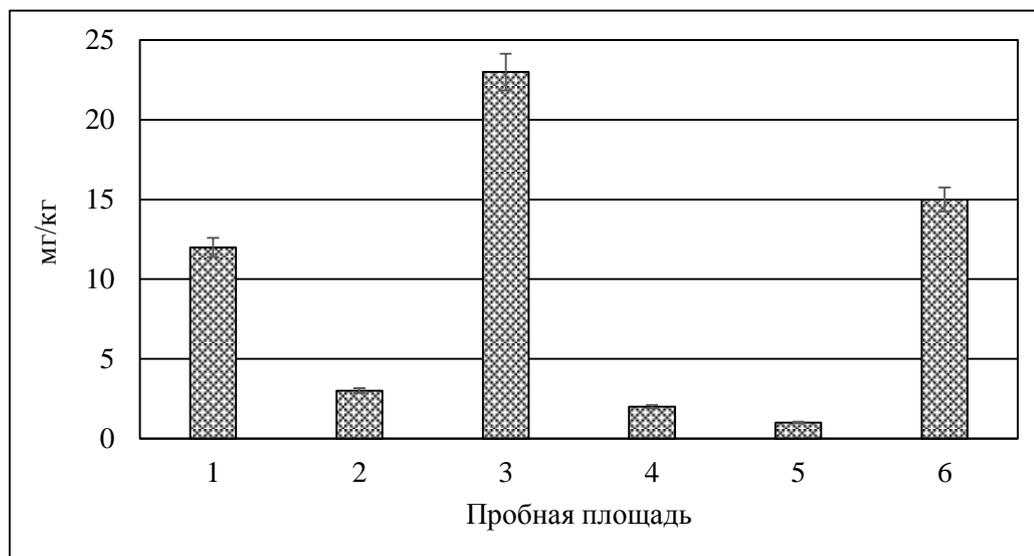


Рис. 3.38. Содержание Pb в почвогрунтах карьера.

Совсем иную картину демонстрирует пространственное распределение Sr и As (рис. 3.39, 3.40). Наиболее высокие концентрации Sr (230–333 мг/кг) выявлены на пробных площадях в центральной и западной части днища карьера. Максимальные и средние концентрации Sr существенно превышают региональный фон (168,64 мг/кг), а самая высокая его концентрация выявлена в почвогрунтах центральной части карьера около озера. На

остальных участках карьера и в контроле содержание Sr уступает региональному фону и варьирует от 106 до 157 мг/кг. Очевидно, это связано с поступлением Sr в формирующийся мелкозем из подстилающих пород.

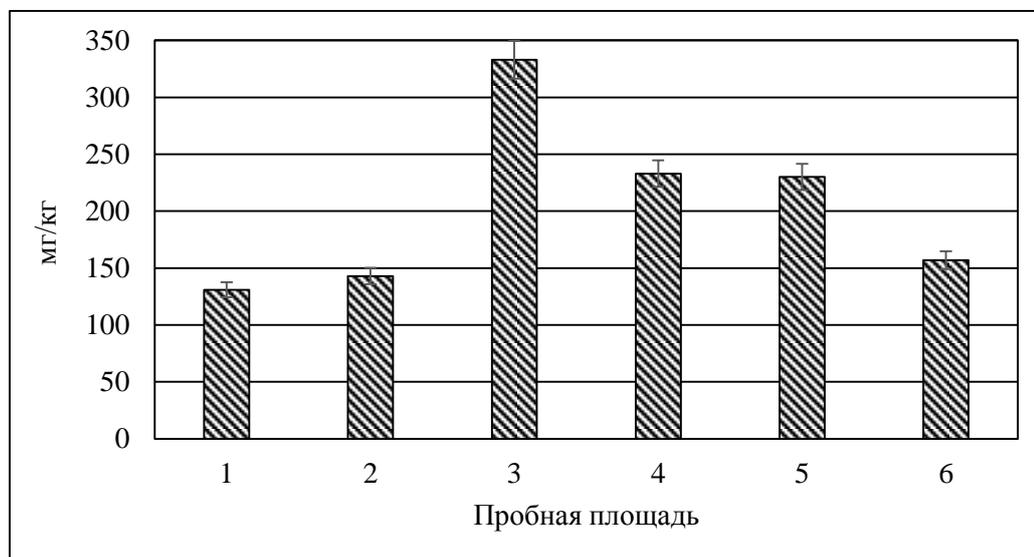


Рис. 3.39. Содержание Sr в почвогрунтах карьера.

Содержание As в почвогрунтах карьера варьировало от 0 до 5 мг/кг. ПДК валовой формы As равна 2 мг/кг, но региональный фоновый уровень для почв существенно выше этого показателя и составляет 7,36 мг/кг (Прохорова, 2005). Таким образом, уровень содержания As в почвогрунтах карьера можно считать относительно невысоким на фоне его регионального распространения в почвах.

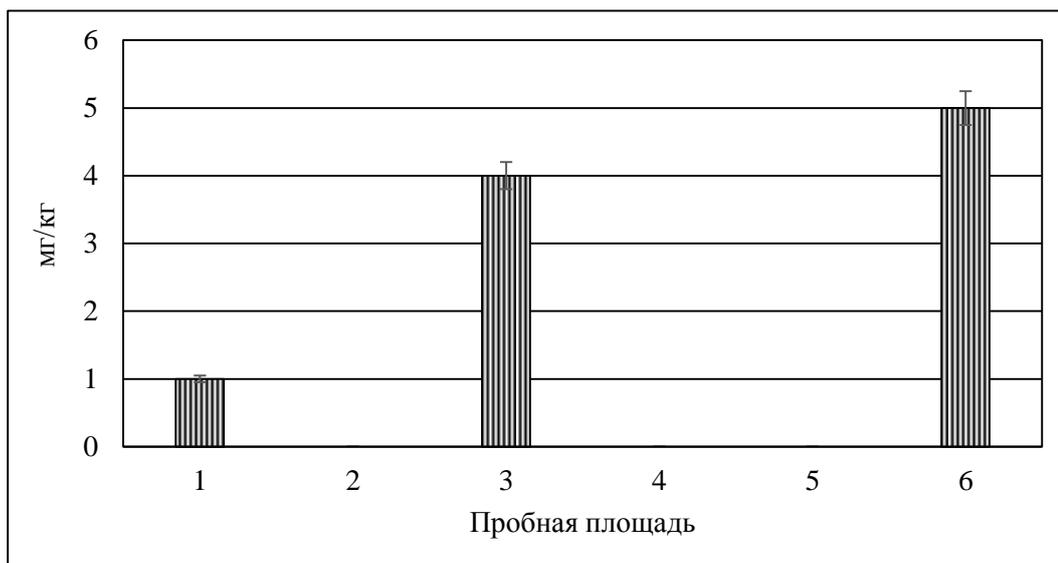


Рис. 3.40. Содержание As в почвогрунтах карьера.

В заключение можно отметить, что эколого-геохимические исследования выявили наличие в карбонатном мелкоземе, сформировавшемся на территории Усть-Сокского карьера органического углерода, минеральных форм азота, а также макро- и микроэлементов.

Химический состав подстилающих пород формирует слабощелочную и щелочную реакцию субстрата и в целом способствует интенсификации процессов первичного почвообразования.

Количество $C_{\text{орг}}$ в гумусированных почвах лесных массивов и открытых пространств, расположенных на территории Сокольных гор, значительно выше содержания органического углерода в почвогрунтах карьера. Количество минеральных форм азота в лесных почвах существенно превышает аналогичные показатели исследуемых почвогрунтов. Повышенная активность азотобактера, вероятно, связана с недостатком минеральных форм азота, и как следствие активной фиксацией молекулярного азота из атмосферного воздуха.

Содержание Cu и Ni в почвогрунтах в целом коррелирует с содержанием в образцах органического углерода. Zn в целом также относительно равномерно распределен среди почвогрунтов карьера. Содержание Pb превышает или близко к региональному фону только на аккумулятивных участках.

Относительно контрольных почв Столового склона в почвогрунтах карьера содержится больше Ca, Mg, P, но меньше K, Si, Al.

Таким образом, специфический химический состав формирующихся почвогрунтов во многом определяется свойствами подстилающих горных пород и влияет на видовой состав растительности Усть-Сокского карьера.

Два аккумулятивных участка (верхняя терраса в восточной части карьера и участок у озера в центральной части его дна) отличаются большим более интенсивным процессом почвообразования и накопления различных химических элементов.

В целом на территории Усть-Сокского карьера протекают процессы восстановления почвенного покрова. К настоящему времени сформировавшиеся почвогрунты содержат элементы, необходимые для питания растений (минеральные формы азота, органический углерод и др.). Однако их содержание невелико и растения находятся в угнетенном состоянии (Прохорова и др., 2011).

ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА УСТЬ-СОКСКОГО КАРЬЕРА

Усть-Сокский карьер окружен широколиственными лесами (на техногенно нарушенных участках – мелколиственными лесами и сосняками). Несмотря на то, что в период функционирования карьера они подверглись частичной вырубке (при прокладке грунтовых дорог и просек), в настоящее время их можно отнести к числу наименее нарушенных лесных массивов в пределах г.о. Самара. В связи с этим представляет значительный интерес сравнительный анализ флористических и геоботанических данных, полученных при исследовании Усть-Сокского карьера, с аналогичными данными, полученными при изучении лесного массива Соколых гор, прилегающего к территории карьера.

Характер формирования растительного покрова отличается специфичностью. Растительность на территории карьера распределена неравномерно. Наибольшая плотность и количество отмечаются в понижениях рельефа, на террасах, в местах складирования мусора. Обнаженные участки скального фундамента и каменистый субстрат заселены в основном пионерными видами грибов, водорослей лишайников. 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.

По результатам исследований, проведенных в Усть-Сокском карьере в период 2012-2014 гг., было выявлено 122 вида сосудистых растений, принадлежащих к 92 родам, 41 семейству, 5 классам и 4 отделам (Приложение 3).

Преобладающим является отдел Цветковые (*Magnoliophyta*), насчитывающий 118 видов (96,72% от общего числа). Остальные отделы

немногочисленны: Папоротникообразные (*Polypodiophyta*) и Голосеменные (*Pinophyta*) включают по 1 виду, Хвощеобразные (*Equisetophyta*) – 2 вида. Среди цветковых растений доминируют представители класса Двудольные (*Magnoliopsida*), которые группируются в 33 семейства, 80 родов и 107 видов. Двудольным растениям существенно уступает класс Однодольных (*Liliopsida*), включающий 5 семейств, 9 родов и 11 видов (табл. 4.1).

Спектр ведущих по числу родов семейств представлен в табл. 4.3. В него входит 55 родов (59,78% от общего числа). Ведущими по числу видов родами являются: ива (*Salix*) – 5 видов, полынь (*Artemisia*) и клевер (*Trifolium*) – 4 вида, дремлик (*Epipactis*), тополь (*Populus*), марьянник (*Melampyrum*) и смородина (*Ribes*) – по 3 вида. Подавляющее большинство родов (73, что составляет 79,35% от общего числа) являются монотипными.

Таблица 4.1

Соотношение основных систематических групп во 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> , в том числе:	38	92,68		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
Итого:	41		92		122	

Ведущими по числу видов являются 10 семейств (табл. 4.2). Они объединяют 85 видов растений, что составляет 69,67% от суммы видов флоры Усть-Сокского карьера.

В целом представленные данные сходны с полученными при исследовании синантропной флоры техногенных субстратов Свердловской области, за исключением более низкого положения семейства *Roaceae* (Третьякова, Мухин, 2001).

Таблица 4.2

Ведущие по числу видов семейства Усть-Сокского карьера

Семейство	Число видов		Место
	абс.	%	
<i>Asteraceae</i>	25	20,49	I
<i>Rosaceae</i>	13	10,66	II- III
<i>Fabaceae</i>	13	10,66	II- III
<i>Salicaceae</i>	9	7,38	IV
<i>Scrophulariaceae</i>	6	4,92	V- VI
<i>Poaceae</i>	6	4,92	V- VI
<i>Brassicaceae</i>	4	3,28	VII
<i>Orchidaceae</i>	3	2,46	VIII- X
<i>Polygonaceae</i>	3	2,46	VIII- X
<i>Grossulariaceae</i>	3	2,46	VIII- X
Итого:	85	69,67	

Таблица 4.3

Ведущие по числу родов семейства во флоре Усть-Сокского карьера

Семейство	Число родов		Место
	абс.	%	
<i>Asteraceae</i>	19	20,65	I
<i>Rosaceae</i>	11	11,96	II
<i>Fabaceae</i>	10	10,87	III
<i>Poaceae</i>	5	5,43	IV
<i>Brassicaceae</i>	4	4,35	V
<i>Polygonaceae</i>	3	3,26	VI- VII
<i>Scrophulariaceae</i>	3	3,26	VI- VII
Итого:	55	59,78	

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. Для флоры Самарской области и сокольных гор сходным является положение пятого (*Brassicaceae*) семейства. Это может являться следствием специфичности абиотических условий карьера.

Для локальной флоры Усть-Сокского карьера характерны яркие особенности. Во-первых, это высокая позиция в спектре сем. *Rosaceae*, что является общим признаком для флоры Сокольных гор и Волжского

флористического района Самарской Луки (Иванова, 2010). Во-вторых, это присутствие в числе доминирующих по числу видов такого семейства как *Salicaceae*, которое не отмечается в числе десяти ведущих семейств в спектрах других перечисленных территорий (за исключением флористического спектра Самарской Луки) (Иванова, 2010). Также обращает на себя внимание сравнительно низкое положение во флоре Усть-Сокского карьера сем. *Poaceae*.

Из видов-индикаторов техногенеза, установленных для Башкирского Зауралья (Опекунова, 2013) на территории Усть-Сокского карьера отмечен только подмаренник обыкновенный (*Galium verum* L.).

Таблица 4.4

Сравнительные флористические спектры

Волго-Уральский Регион (Иванова, 2010)	Самарская область (Иванова, 2010)	Западная часть Сокольных гор (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> = <i>Brassicaceae</i>	<i>Scrophulariaceae</i> = <i>Poaceae</i>
<i>Cyperaceae</i>	<i>Brassicaceae</i>	<i>Salicaceae</i> = <i>Scrophulariaceae</i>	<i>Brassicaceae</i>

При формировании абиотических условий обитания растений в Усть-Сокском карьере ведущая роль принадлежит условиям рельефа (крутизна и расчлененность склонов, понижения и повышения и т.д.), непосредственно влияющие на световой, тепловой, водный и воздушный режимы. Также важное значение имеют физико-химические особенности подстилающих и почвообразующих пород (водопроницаемость, значительная отражающая способность, высокое содержание карбонатов), а также небольшая мощность, скелетированность и фрагментарность почв.

Изучение жизненных форм по И.Г. Серебрякову (1964) и Серебряковой (1972) показало (табл. 4.5), что во 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 видов. Численность остальных биоморф убывает в ряду: травянистые двулетники, травянистые однолетники или двулетники, полукустарники и полукустарнички, лианы. Распределение растительности карьера по жизненным формам приведено в Приложении 4.

Таблица 4.5

Классификация жизненных форм флоры Усть-Сокского карьера по Серебрякову И.Г.

Жизненная форма		число видов	
		абс.	%
деревья		14	11,48
кустарники или деревья		11	9,02
кустарники		11	9,02
полукустарники и полукустарнички		2	1,64
Лианы		1	0,82
травянистые однолетники		11	9,02
травянистые двулетники		7	5,74
травянистые однолетники или двулетники		5	4,10
травянистые многолетники		60	49,18
из них:	<i>стержнекорневые</i>	16	13,11
	<i>кистекарневые</i>	1	0,82
	<i>короткорневищные</i>	17	13,93
	<i>длиннокорневищный</i>	22	18,03
	<i>дерновинные</i>	2	1,64
	<i>корнеотпрысковые</i>	2	1,64

Преобладание короткорневищных и длиннокорневищных многолетних трав, а также значительная доля древесных и полудревесных растений способствует накоплению растительного опада (за счет ежегодного отмирания определенной части надземных и подземных органов), и, как

следствие, органических веществ и гумуса гумуса в корнеобитаемом слое субстрата и постепенному восстановлению почвенного покрова.

В целом можно отметить, что процентные соотношения, выявленные в результате исследования жизненных форм при зарастании песчаного карьера в Ивановской области (Безсинная, 2015), сходны с полученными нами, за исключением несколько более низкой доли деревьев.

По классификации жизненных форм (климаморф) К. Раункиера (Raunkiaer, 1934), 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 (рис. 4.1). Распределение флоры Усть-Сокского карьера представлено в Приложении 5.

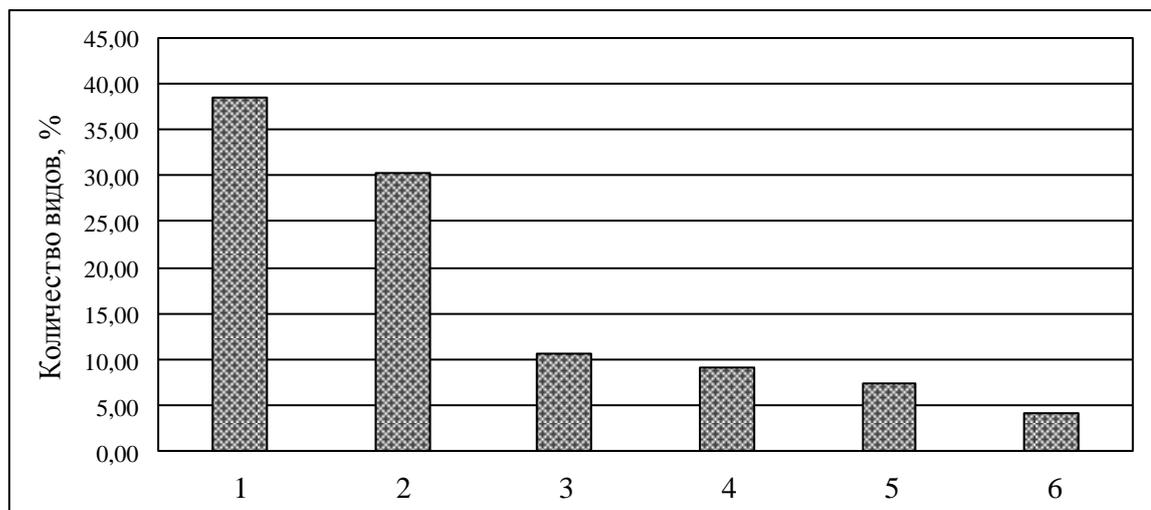


Рис. 4.1. Соотношение климаморф в флоре Усть-Сокского карьера, где: 1 – гемикриптофиты; 2 – фанерофиты; 3 – криптофиты; 4 – терофиты; 5 – хамефиты; 6 – терофиты или гемикриптофиты.

Высокая доля гемикриптофитов вероятно объясняется необходимостью переносить неблагоприятные абиотические условия карьера. Почки возобновления гемикриптофитов переживают критические периоды (как зимний морозный, так и засушливый летний) на многолетних подземных органах, расположенных примерно на уровне почвы и защищенных от

негативного воздействия окружающей среды почечными чешуями, опадом, подстилкой, частично – почвой, а зимой еще и снежным покровом (Даддингтон, 1972).

Стоит отметить, что при изучении техногенных ландшафтов Урала получены сходные данные по соотношению климаморф (Чибрик, Елькин 1991).

По способу опыления (рис. 4.2) подавляющее большинство произрастающих в Усть-Сокском карьере растений принадлежит к энтомофилам (94 вида, 77,05% от общего числа видов), но встречаются и анемофилы (23 вида, 18,85%), опыление которых осуществляется ветром, а также самоопылители (2 вида, 1,64%). Отмечены 3 вида споровых растений, что составляет 2,46% (Приложение 6). Столь высокий процент растений, опыляемых насекомыми, может быть связан с тем, что проникновение пионерных видов растений в карьер идет в основном из лесного массива Сокольных гор, где также преобладают растения-энтомофилы (Макарова и др., 2012).

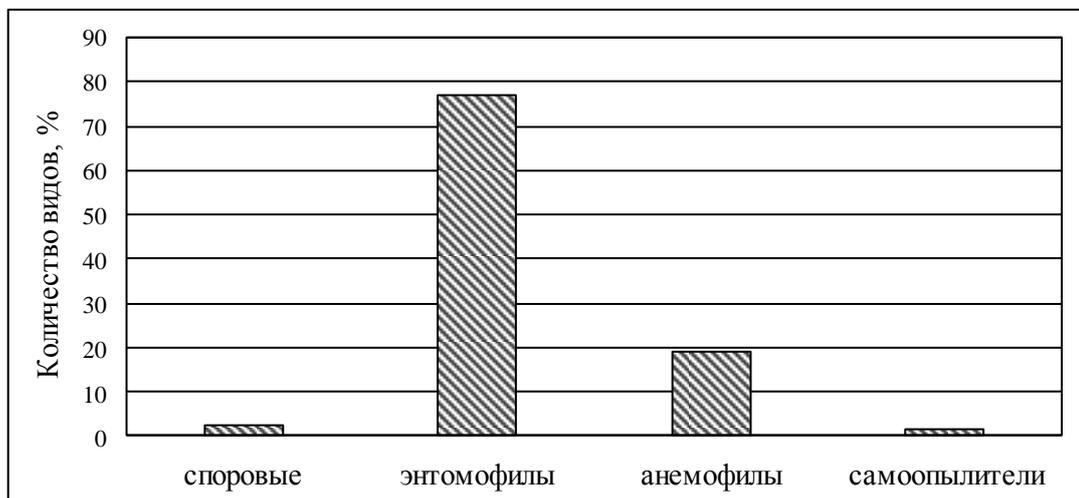


Рис. 4.2. Растения Усть-Сокского карьера по способу опыления.

По способу распространения спор, семян и плодов (Приложение 7) наибольшее число растений относится к анемохорам (37 видов, 30,33 % от общего числа видов) диаспоры которых распространяются с помощью воздушных потоков (ветром) и имеют соответствующие приспособления

(крылатки, волоски и др.). Второе место занимают растения-баллисты (22 вида, 18,03%), разбрасывающие диаспоры в стороны благодаря механическому раскачиванию их морфологических частей сторонними агентами (ветром, животными и др.), немного им уступают растения-зоохоры (20 видов, 16,39%), чьи семена распространяются животными. Несколько меньше растений-барохор (6 видов, 4,92%), диаспоры которых осыпаются пассивно под действием силы тяжести. Также зафиксирована антропохория (1 вид, 0,82%) и автомеханохория (1 вид, 0,82%) Нередко отмечается дипло- (29 видов, 23,77%) и полихория (6 видов, 4,92%). Преобладание растений анемохор и баллист вероятно связано с наличием значительного по площади открытого пространства.

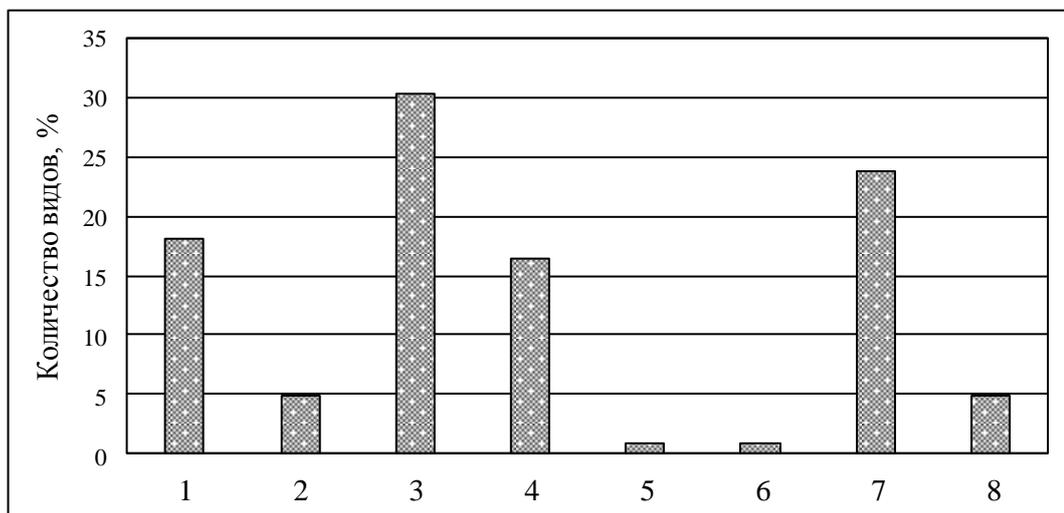


Рис. 4.3. Растения Усть-Сокского карьера по способу распространения спор, семян и плодов, где:

1 – баллисты; 2 – барохоры; 3 – анемохоры; 4 – зоохоры;
5 – антропохоры; 6 – автомеханохоры; 7 – диплохоры; 8 – полихоры.

Из ценоморф (рис. 4.4) преобладают лесные виды (сильванты), приспособленные к обитанию в биотопе коренных лесных сообществ. Совместно с сорно-лесными (сильванты-рудеранты), чей биологический оптимум находится в биотопе сомкнутых лесонасаждений полусветленной и полутеневой структуры, они насчитывают 47 видов или 38,52% от всей совокупности. На втором месте по встречаемости стоят луговые (пратанты) и сорно-луговые виды (пратанты-рудеранты) из биотопов ненарушенных и

изреженных луговых группировок (27 видов, 22,13%). На третьем месте, незначительно уступая луговым видам, находятся степные (степанты) и сорно-степные виды (степанты-рудеранты) (25 видов, 20,49%). Подобные виды процветают соответственно в коренных степных сообществах и в биотопе изреженных степных группировок. Более малочисленными являются сорные – рудеранты (11 видов, 9,02%) и болотные – палюданты (3 вида, 2,46%) виды, биоценотический оптимум которых находится соответственно в биотопе антропогенно сформированных рудеральных растительных группировок, в посевах и посадках растений и заболоченных участках. На территории карьера также отмечаются дичающие из культуры растения (9 видов, 7,38%) (Приложение 8).

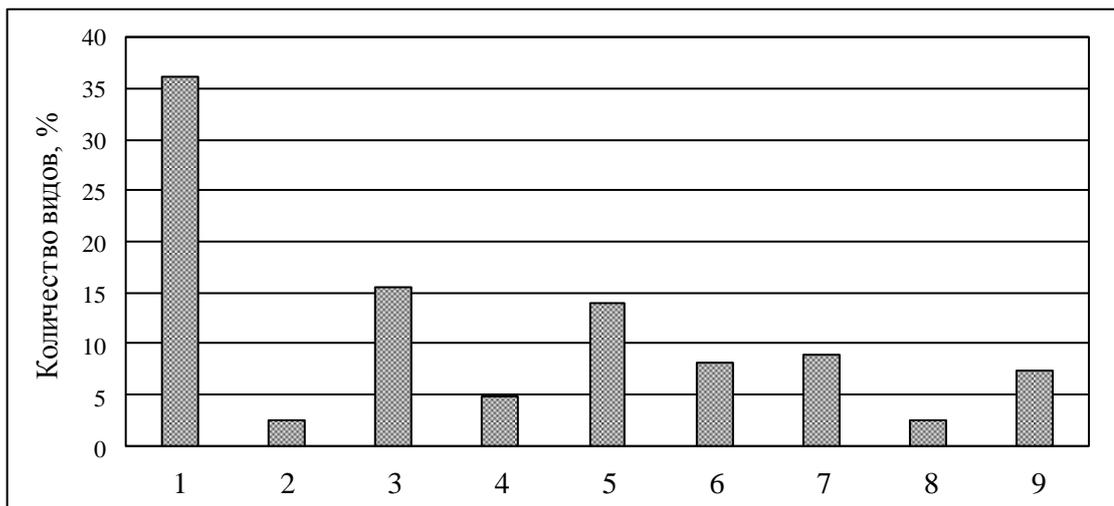


Рис. 4.4. Соотношение ценоморф в флоре Усть-Сокского карьера, где: 1 – силванты; 2 – силванты-рудеранты; 3 – степанты; 4 – степанты-рудеранты; 5 – пратанты; 6 – пратанты-рудеранты; 7 – рудеранты; 8 – палюданты; 9 – дичающие из культуры.

Полученное соотношение ценоморф соотносится с таковым для Сокольных гор в целом, но с более низкой долей степантов и более высокой – пратантов (Макарова и др., 2012).

Обращает на себя внимание достаточно низкая для столь антропогенно нарушенной территории доля рудеральных видов растений. Однако Чибрик и Елькин (1991) отмечают, что данная ситуация в целом характерна для

техногенных местообитаний, располагающихся на территории лесных массивов.

Преимущественное развитие в условиях Усть-Сокского получают мезотрофы (рис. 4.5) – виды, оптимальным для которых является средний уровень содержания элементов питания в почве (70 видов, 57,38%). В меньшинстве находятся олиготрофы (15 видов, 12,30%), способные выживать и успешно размножаться на малопродуктивных почвах или слабо затронутым почвообразованием субстрате. Достаточно много встречается растений-мегатрофов (33 вида, 27,05%), а также отмечено 4 вида (3,28%) растений-полупаразитов (Приложение 9).

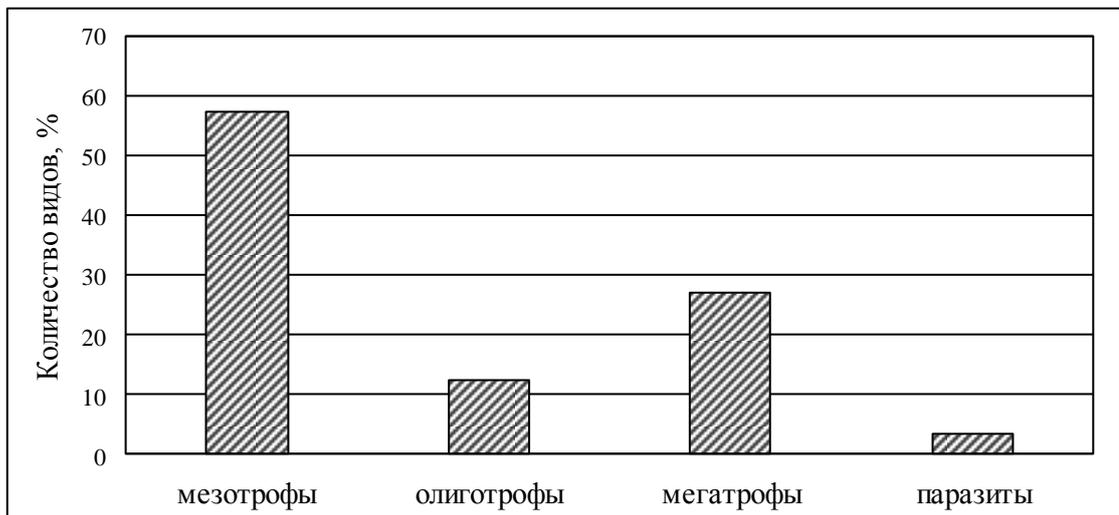


Рис. 4.5. Соотношение трофоморф в флоре Усть-Сокского карьера.

Были основания предполагать, что благодаря преобладанию обнаженных или перемещенных на дневную поверхность горных пород и почвогрунтов, бедных по содержанию гумуса и других питательных элементов, в исследуемой флоре будет наблюдаться количественное преобладание ультраолиготрофов и олиготрофов, которые процветают на бедных почвах. Однако было зафиксировано доминирование видов, требующих среднебогатых и богатых питательными элементами почв. Можно полагать, что подобное соотношение трофоморф в составе флоры

карьера в целом определяется ситуацией, характерной для западной части Сокольных гор, во флоре которых 62,5% видов являются мезотрофами, 29,3% – мегатрофами и 8,2% – олиготрофами (Макарова и др., 2012).

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%) (рис. 4.6). Подобное соотношение очевидно связано с присутствием на дне карьера естественного озера. Распределение флоры карьера по гигроморфам представлено в Приложении 10.

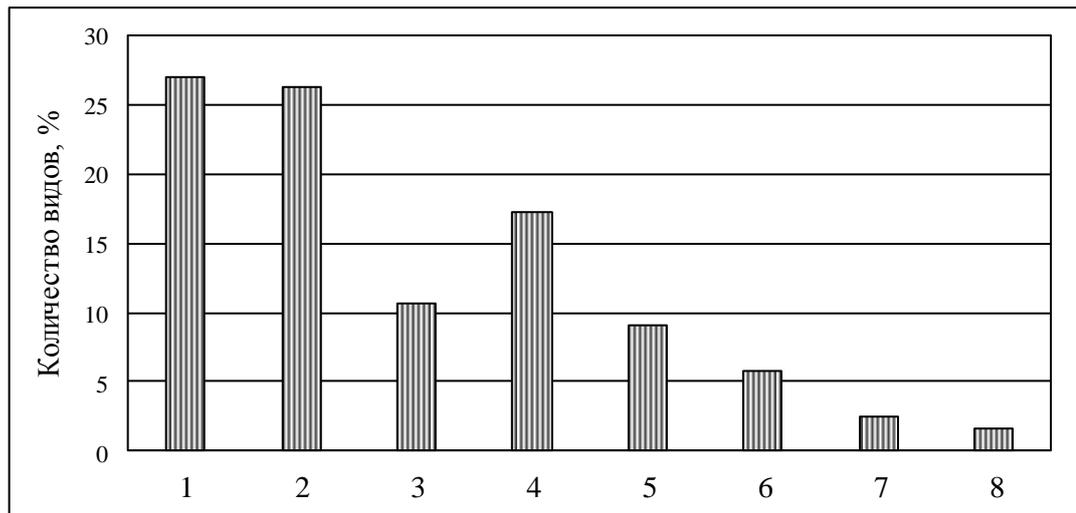


Рис. 4.6. Соотношение трофоморф в флоре Усть-Сокского карьера, где: 1 – мезофиты; 2 – ксеромезофиты; 3 – ксерофиты; 4 – мезоксерофиты; 5 – мезогигрофиты; 6 – гигрофиты; 7 – ультрагигрофиты; 8 – гигромезофиты.

Среди гелиоморф (Приложение 11) в подавляющем большинстве представлены гелиофиты (75 видов, 61,48%). Значительно им уступают сциогелиофиты (34 вида, 27,87%). К этим двум группам относятся в основном растения открытых пространств и разреженных лесов. Ещё меньше отмечено гелиосциофитов (видов, обитающих в лесном массиве с полутеневой структурой) и совсем немного сциофитов (обитателей

плотнокронного леса теневой структуры). Они соответственно насчитывают 10 видов (8,20%) и 3 вида (2,46%) (рис. 4.7). Такая структура очевидно связана с особенностями абиотических условий карьера. Преобладание гелиофитов объясняется наличием обширного открытого, незатененного и не заселенного растительностью пространства. Кроме того, лишенный сформированного и сплошного почвенного покрова карбонатный субстрат отражает солнечные лучи и освещенность практически всей площади карьера достаточно высока.

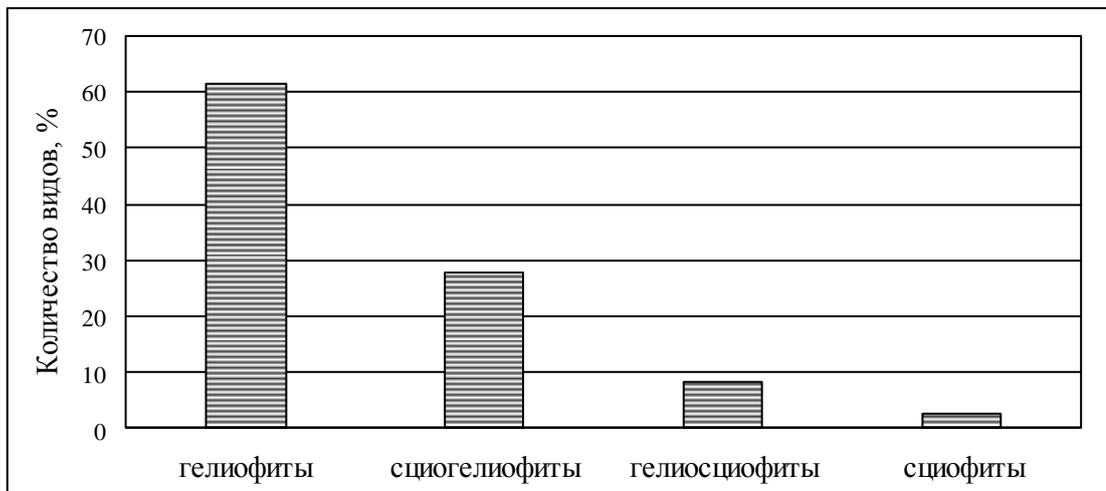


Рис. 4.7. Соотношение гелиоморф в флоре Усть-Сокского карьера.

Несмотря на то, что видовое разнообразие в Усть-Сокском карьере в целом невелико, на его территории отмечены 8 видов растений, внесенных в Красную книгу Самарской области: хвощ ветвистый (*Equisetum ramosissimum* Desf.) дремлик тёмно-красный (*Epipactis atrorubens* (Hoffm.) Besser), дремлик широколистный (*E. helleborine* (L.) Crantz), дремлик болотный (*E. palustris* (L.) Crantz), тополь белый (*Populus alba* L.), боярышник волжский (*Crataegus volgensis* Pojark.), грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia* L.) и наголоватка Ледебуря (*Jurinea ledebourii* Bunge).

Еще 5 видов растений, обнаруженных в Усть-Сокском карьере, включены в список редких и уязвимых таксонов Самарской области, нуждающихся в постоянном контроле и наблюдении. Это такие виды как: ива остролистная (*Salix acutifolia* Willd.), ясень обыкновенный (*Fraxinus*

excelsior L.), золототысячник красивый (*Centaureum pulchellum* (Sw.) Druce), коровяк обыкновенный (*Verbascum thapsus* L.), девясил германский (*Inula germanica* L.) (Красная книга...; Макарова и др., 2012).

Из перечисленных выше растений боярышник волжский (*Crataegus volgensis* Pojark.) также является эндемиком Среднего Поволжья (Макарова и др., 2012).

Значительный интерес представляет также рассмотрение адвентивной фракции флоры. В «Словаре ботанических терминов» (1984) адвентивными растениями называются растения, пришлые для данной области, типа растительности или сообщества. В «Экологической энциклопедии» (2008) под адвентивным организмом понимается пришлый организм, появившийся на данной территории путем преднамеренного или непреднамеренного (случайного) занесения человеком. В целом можно заключить, что к адвентивным растениям необходимо причислять все виды, распространившиеся в результате деятельности человека за пределы своего естественного ареала (Макарова и др., 2013а). Изучение адвентивной флоры на территории карьера представляется важным аспектом анализа растительности, так как позволяет оценить особенности видов, первыми заселяющих освобожденную в результате деятельности человека территорию.

Адвентивную фракцию флоры Усть-Сокского карьера (Приложение 12) составляют 20 видов (16,39% от общего количества видов флоры Усть-Сокского карьера), относящихся к 19 родам, 14 семействам, 1 классу (*Magnoliopsida*) и 1 отделу (*Magnoliophyta*). Стоит отметить, что в значительно более богатой флоре Сокольных гор (включаящее не менее 229 видов) количество адвентивных видов составляет 27 (Макарова и др., 2013а). В семейственно-видовом спектре адвентивного компонента порядок ведущих семейств имеет следующий вид: *Rosaceae* (3 вида), *Brassicaceae*, *Asteraceae*, *Polygonaceae*, *Grossulariaceae* (по 2 вида). В указанных семействах в общей сложности

сосредоточено 55,00 % видов адвентивной фракции флоры карьера. Остальные семейства адвентивной фракции содержат по 1 виду.

Для 9 видов исходным является евро-азиатский ареал (45,00% от общего количества видов адвентивной фракции). К числу таких видов относятся собственно евро-азиатские *Berteroa incana* (L.), *Thlaspi arvense* L., *Blitum virgatum* L., *Malus domestica* Borkh., *Ribes uva-crispa* (L.) Mill. (25,00 %) и азиатские *Ulmus pumila* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Prunus cerasifera* Ehrh. (20,00 %). Выходцы из Северной Америки представлены *Robinia pseudoacacia* L., *Acer negundo* L., *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., *Symphoricarpos rivularis* Suksd., *Ribes aureum* Pursh, *Rudbeckia hirta* L., *Oenothera biennis* L., *Fraxinus lanceolata* Borkh. и *Conyza canadensis* (L.) Cronquist (9 видов, 45,00 %). Циркумбореальный тип ареала имеют *Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve, *Polygonum aviculare* L. (10,00%).

Для растений чрезвычайно важную роль играют способность переносить неблагоприятные климатические и погодные условия, возможность вегетативного размножения и разрастания, продолжительность вегетации, способ опыления и распространения диаспор. В совокупности они дают представление о степени соответствия вида условиям нового местообитания и в конечном итоге позволяют спрогнозировать устойчивость его существования в составе флоры изучаемой территории.

В соответствии с системой жизненных форм (климаморф) К. Раункиера (Raunkiaer, 1934), позволяющей охарактеризовать способность растительных видов переносить неблагоприятные климатические и погодные условия региона, в составе адвентивной фракции флоры карьера доминируют фанерофиты (11 видов, 55,00 % от общего числа видов адвентивной фракции). Им значительно уступают терофиты (5 видов, 25,00 %), гемикриптофиты (2 вида, 10,00 %) и 1 вид (5,00%) с «переходными» климаморфами (терофиты или гемикриптофиты). Хамефиты и криптофиты среди рассматриваемых видов отсутствуют.

Все фанерофиты являются интродуцентами (классификация адвентивных видов флоры Усть-Сокского карьера по путям проникновения представлена в Приложении 13). Терофиты — индуценты за исключением *Blitum virgatum* L. В группе гемикриптофитов отмечен один индуцент и один интродуцент. Единственный вид, относящийся к терофитам или гемикриптофитам является интродуцентом.

Анализ жизненных форм (биоморф) по системе И.Г. Серебрякова (1964) и Т.И. Серебряковой (1972) выявил преобладание в адвентивной фракции флоры древесных растений (11 видов, 55,00 %), среди которых больше всего деревьев (5 видов, 30,00 %), но также отмечены деревья или кустарники (3 вида, 15,00 %) и кустарники (3 вида, 15,00%). Все растения данной группы относятся к интродуцентам. Древесным растениям численно уступают травянистые (8 видов, 40,00 %), а среди них преобладают однолетники (5 видов, 25,00 %), по 1 виду (5,00%) насчитывают однолетники или двулетники, двулетники и двулетники или многолетники со стержневой корневой системой. Большая часть травянистых видов — индуценты. Исключение составляют *Oenothera biennis* L., *Blitum virgatum* L. и *Rudbeckia hirta* L., являющиеся интродуцентами. В меньшинстве находится группа полудревесных растений (деревянистых лиан) включающая 1 вид (5,00 %). В условиях растительных сообществ важное значение приобретает такое свойство биоморф как вегетативная подвижность (Раменский, 1971), то есть способность к вегетативному размножению, разрастанию и «захвату» пространства. В соответствии со шкалой вегетативной подвижности Н.М. Матвеева (2012) все обнаруженные нами адвентивные виды относятся к вегетативно неподвижным. Преобладание древесных растений, обладающих мощной корневой системой также косвенно свидетельствует о повышенной плотности субстратов Усть-Сокского карьера.

Среди адвентивных растений обнаружены как самоопыляемые виды (2 вида, 10%), так и виды с перекрестным опылением. Среди последних к анемофилам относятся 3 вида (15%), к энтомофилам 15 видов (75%).

На скорость расселения вида и долю его участия в сложении флоры влияет способ распространения семян и плодов. По этому признаку среди адвентивных видов обнаружены баллисты (1 вид, 5,00%), барохоры (3 вида, 15,00%), анемохоры (4 вида, 20,00%), зоохоры (5 видов, 25,00%). Также встречаются растения с диплохорией (4 вида, 20,00%) и полихорией (3 вида, 15,00%)

Трофоморфный анализ указывает на абсолютное преобладание в адвентивной фракции флоры мезотрофов (17 видов, 85,00%). Существенно меньше мегатрофов (3 вида, 15,00 %). Олиготрофов в рассматриваемой фракции флоры не отмечено.

Среди адвентивных видов преобладают мезоксерофиты (7 видов, 35,00%), ксеромезофиты (6 видов, 30,00%) и мезофиты (5 видов, 25,00%). Встречаются также ксерофиты (1 вид, 5,00%) и мезогигрофиты (1 вид, 5,00%).

Среди гелиоморф преобладают сциогелиофиты (10 видов, 50 %) и гелиофиты (9 видов, 45,00%). Отмечены также гелиосциофиты (1 вид).

В соответствии с классическими классификациями адвентивных видов по времени заноса (Тишков, 2004; Березуцкий, Кашин, 2008) среди растений преобладают кенофиты, появившиеся во флоре окружающего лесного массива Сокольных гор с XVIII в. до XX в. они представлены 8 видами (40,00 %). Среди них доминируют колонофиты, закрепляющиеся только в местах заноса и не расселяющиеся в другие места. Это *Robinia pseudoacacia* L., *Ribes uva-crispa* (L.) Mill., *Ribes aureum* Pursh, *Symphoricarpos rivularis* Suksd. Эпекофиты представлены *Ulmus pumila* L., *Fraxinus lanceolata* Borkh. и *Blitum virgatum* L. Эпекоагриофитом является *Conyza canadensis* (L.) Cronqist.

Самой молодой группой адвентивных видов по времени заноса является группа эуконофитов. Ее представители проникают в окружающую флору начиная с XX в. Эуконофиты насчитывают 7 видов (35,00 %). Среди них преобладают колонофиты (*Armeniaca vulgaris* Lam., *Prunus divaricata* Ledeb.), эпекоагриофиты (*Elaeagnus angustifolia* L., *Parthenocissus*

quinquefolia (L.) Planch.) и известные по отдельным находкам, не закрепляющиеся во флоре эфемерофиты (*Rudbeckia hirta* L.). К эуконофитам принадлежат *Oenothera biennis* L. (эпекофит) и *Acer negundo* L. (агриофит).

Археофиты, попавшие в Сокольи горы до XVIII в. и включающие 5 видов, или 25,00% % являются самой малочисленной группой. Большая часть археофитов — эпекофиты, успешно натурализовавшиеся во вторичных местообитаниях и продолжающие расселяться по территории Сокольных гор, но не входящие в состав естественных сообществ (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve, *Polygonum aviculare* L.). Полноправными компонентами естественных фитоценозов (агриофитами) стал *Berteroa incana* (L.) DC. Еще один вид (эпекоагриофит) обитает как во вторичных местообитаниях, так и в естественных сообществах (*Thlaspi arvense* L.) и один вид является колонофитом (*Malus domestica* Borkh.).

По способу заноса (Приложение 14) на территории Усть-Сокского карьера преобладает группа эргазиофитов, намеренно занесенных или интродуцированных видов, дичающих из культуры и растущих в естественных условиях без ухода человека, включающая 11 видов (55,00% от общего числа видов адвентивной фракции флоры). Наибольшее видовое разнообразие эргазиофитов отмечается на террасах, осыпных склонах и днище карьера, в непосредственной близости от которого в недавнем прошлом располагались садово-дачные участки пос. Горный (Макарова и др., 2013а). Значительно меньше ксенофитов, проникших в Сокольи горы случайно (5 видов, 25%). 4 вида (20,00%) относятся к ксеноэргазиофитам.

Потенциально наиболее агрессивными для аборигенной флоры считаются *Acer negundo* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Oenothera biennis* L. и *Conyza canadensis* (L.) Cronqist (Макарова и др., 2013а). В связи с активным размножением, быстрым распространением во вторичном ареале и высокой степенью натурализации такие адвентивные виды относят к категории инвазионных. В связи с высокой опасностью для флоры данные виды были внесены в «Черную книгу» флоры Средней России (Виноградова и др., 2009).

В связи с активным расширением ареала рекомендованы к внесению *Ulmus pumila* L., *Ribes aureum* Pursh, *Robinia pseudoacacia* L. (Виноградова и др., 2009).

В целом можно заключить, что адвентивная фракция флоры Усть-Сокского карьера устойчива к перенесению неблагоприятных условий. Сравнительно высокая доля адвентивных видов может объясняться тем, что условия освободившегося от растительности пространства являются благоприятными для привнесенных видов за счет резкого снижения конкуренции со стороны аборигенной флоры (Березуцкий, Кашин, 2008).

Анализ экобиоморфного состава формирующейся флоры Усть-Сокского карьера не дает полного представления о характере и особенностях процесса ренатурализации данной техногенно нарушенной территории. В связи с этим в 2014 году было заложено шесть пробных геоботанических площадей. На территории карьера пробные площади располагались на днище, так как это наиболее однородная по рельефу и наименее изменчивая по экологическим показателям часть карьера, в пределах которой выделяются участки с разной длительностью протекания процессов ренатурализации. Наиболее старая по времени выведения из эксплуатации – восточная часть, средняя – центральная часть и наиболее молодая – западная часть. В центральной части карьера было заложено три пробные площади, так как окрестности расположенного на этом участке озера существенно отличаются от остальных пробных площадей (в первую очередь по условиям увлажнения), и кроме того на данном участке в понижении рельефа образуют достаточно обширную популяцию два краснокнижных для Самарской области вида растений – дремлик болотный (*Epipactis palustris* (L.) и хвощ ветвистый (*Equisetum ramosissimum* Desf.). Контрольная пробная площадь была заложена на равнинном лугово-степном участке, прилегающем с западной стороны к верхней террасе карьера (Столовом склоне).

На изучаемых пробных площадях было зафиксировано произрастание 28 видов травянистых и 7 видов древесных растений (табл. 4.6, 4.7).

Таблица 4.6

Видовое разнообразие травянистых растений на изучаемых пробных площадях

Вид	Восток	Центр, у озера	Центр, напротив штолен	Центр	Запад	Контроль
1. <i>Artemisia campestris</i> L.						+
2. <i>Artemisia vulgaris</i> L.	+			+	+	
3. <i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub		+				
4. <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth		+	+			
5. <i>Campanula sibirica</i> L.						+
6. <i>Centaurea ruthenica</i> Lam.						+
7. <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	+					
8. <i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz			+			
9. <i>Equisetum hyemale</i> L.			+			
10. <i>Equisetum ramosissimum</i> Desf.			+			
11. <i>Euphrasia pectinata</i> Ten.			+			
12. <i>Festuca valesiaca</i> Gaudin						+
13. <i>Filipendula vulgaris</i> Moench						+
14. <i>Geranium sanguineum</i> L.						+
15. <i>Hieracium pilosella</i> L.	+			+	+	+
16. <i>Juncus compressus</i> Jacq.		+				
17. <i>Jurinea ledebourii</i> Bunge						+
18. <i>Melampyrum arvense</i> L.			+			
19. <i>Medicago lupulina</i> L.				+		
20. <i>Phleum phleoides</i> (L.) Karst.				+		
21. <i>Poa stepposa</i> Kryl. (Roshev.)		+				
22. <i>Polygala vulgaris</i> L.						+
23. <i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce						+
24. <i>Seseli libanotis</i> (L.) Koch						+
25. <i>Stipa lessingiana</i> Trin. et Rupr.					+	+
26. <i>Thymus zheguliensis</i> Klok. et Shost. p.p.						+
27. <i>Tussilago farfara</i> L.			+			
28. <i>Vincetoxicum hirundinaria</i> Medik.						+

Бедность видового состава травостоя Усть-Сокского карьера сопровождается его сильной изреженностью. В то время как на контрольной пробной площади проективное покрытие достигает почти 85%, на днище карьера этот показатель варьирует от 3 до 33%. Наиболее изреженный травянистый покров с проективным покрытием 3-9% характерен для пробных площадей расположенных в восточной и западной частях карьера.

На пробных площадях у озера и напротив штолен проективное покрытие травянистого покрова составляет 22 и 33% соответственно. Вероятно, низкие суммарные показатели проективного покрытия в первую очередь связаны с более глубоким залеганием грунтовых вод, а увеличение данного показателя - с более благоприятными условиями увлажнения за счет пониженного рельефа и расположения возле озера. Влагообеспеченность площади напротив штолен настолько высока, что там произрастают и демонстрируют высокие показатели жизненного состояния некоторые виды влаголюбивых растений, способные обитать на бедных питательными элементами субстратах, такие как *Equisetum hyemale* L., *E. ramosissimum* Desf. и *Epipactis palustris* (L.) Crantz.

Развитию разнообразного по видовому составу травяного покрова с высокими показателями проективного покрытия препятствует отсутствие сформированного почвенного покрова, недостаток в субстрате элементов минерального питания, жесткие условия солнечной инсоляции. Стоит также отметить более низкие показатели жизненного состояния трав на пробных площадях карьера по сравнению с контрольной пробной площадью.

Видовой состав древесных растений так же, как и травянистых, не богат (табл. 4.7). Однако они (в том числе в виде подроста) встречаются на всех пробных площадях. Большинство из описанных древесных растений 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 – их место занимают виды из сем. *Aceraceae* (*Acer platanoides* L.) и *Fagaceae* (*Quercus robur* L.).

Таблица 4.7

Видовое разнообразие и численность древостоя на изучаемых пробных площадях

Вид	Восток	Центр, у озера	Центр	Запад	Контроль
1. <i>Acer platanoides</i> L.					2
2. <i>Betula pendula</i> Roth	9		1		6
3. <i>Pinus sylvestris</i> L.	10		4	5	1
4. <i>Populus nigra</i> L.	8	53	3	4	
5. <i>Populus tremula</i> L.	5				
6. <i>Salix caprea</i> L.	1	14			
7. <i>Quercus robur</i> L.					1
Всего	33	67	8	9	10

Превалирование представителей сем. *Salicaceae* на типичных участках днища карьера может служить индикатором экологических условий. С одной стороны, они очень устойчивы к неблагоприятным климатическим условиям, светолюбивы, характеризуются быстрым ростом и высокой регенерационной способностью, с другой стороны – весьма требовательны к почвенному увлажнению и в естественных условиях произрастания часто проявляют себя как пойменные виды. Учитывая эти обстоятельства и тот факт, что заселение карьера древесными растениями осуществляется только семенным путем, можно сделать вывод о достаточно высокой влагообеспеченности поверхностных грунтов и горных пород карьера.

На всех пробных площадях, расположенных на территории карьера встречается только тополь черный. Произрастание сосны обыкновенной не зафиксировано лишь на одной пробной площади – у озера. Однако стоит отметить, что к древостою относили только те экземпляры деревьев, диаметр ствола которых был равен или превышал 5 см. Именно поэтому в табл. 4.7 и 4.8 не представлены данные по пробной площади, расположенной в центре карьера напротив штолен, на которой произрастали *Populus nigra* L., *Pinus sylvestris* L. и представители рода *Salix* с существенно меньшей толщиной

ствола. Кроме того, на всех пробных площадях на территории карьера зафиксировано наличие экземпляров березы повислой, в большинстве также с диаметром ствола не превышавшем 4 см.

В целом древесные растения в карьере характеризуются тугорослостью, более мелкими и светлыми по сравнению с нормой листьями (Головлёва и др., 2003). Их наблюдаемый габитус (форма и размеры кроны, порядок ветвления побегов, высота и толщина ствола) не позволяет достоверно судить о возрасте. Даже взрослые деревья (30-40 лет) отличаются низкорослостью, слаборазвитой кроной и относительно малым диаметром стволов (табл. 4.8). В целом отметим, что для днища карьера характерны значительная изреженность древостоя и почти полное отсутствие участков с высокой сомкнутостью крон, наблюдаемой в сформированных лесных массивах.

Таблица 4.8

Средний диаметр стволов древостоя на изучаемых пробных площадях

Вид	Восток	Центр, у озера	Центр	Запад	Контроль
1. <i>Acer platanoides</i> L.					6,5
2. <i>Betula pendula</i> Roth	8,06		5,00		10,08
3. <i>Pinus sylvestris</i> L.	7,59		6,25	6,5	5
4. <i>Populus nigra</i> L.	9,20	6,58	6,5	5,25	
5. <i>Populus tremula</i> L.	8,79				
6. <i>Salix caprea</i> L.	5,00	6,21			
7. <i>Quercus robur</i> L.					30,00

По данным Т.Ф. Чап (2011), на территории рекультивированного (путем отсыпки почвогрунтов и посадки сосен) карбонатного карьера Богатырь, расположенного в Самарской области на правом берегу Волги, на большей части территории травянистая растительность, преимущественно представлена сорными группировками растений. Несмотря на проведенные рекультивационные работы самозаращение террас происходит крайне медленно – за 30-40 лет сосняки заняли крайне малые площади. Наиболее

заметно процесс зарастания древесно-кустарниковой растительностью идет на краевых валах вдоль дорог и склонах останца.

Для оценки сходства локальных флор используются разнообразные индексы (Серёгин, 2003; Костина, 2013). В геоботанике чаще используется индекс Жаккара и Сьерсена-Чекановского (Грейг-Смит, 1967). Флористические индексы для пробных площадей на территории Усть-Сокского карьера представлены в Приложении 15. В целом наименьшее сходство с остальными участками характерно для пробной площади в районе озера. Индекс Сьерсена-Чекановского, полученный при сравнении флоры карьера с флорой Соколых гор (Макарова и др., 2013б) составил 0,76, а индекс Жаккара – 0,62, что свидетельствует о достаточно высокой общности рассматриваемых флор (Приложение 15).

Несмотря на отсутствие рекультивационных мероприятий, по числу обнаруженных видов Усть-Сокский карьер не уступает карьеру «Богатырь», хотя флора Соколых гор (Макарова и др., 2012) значительно менее богата по сравнению с флорой Жигулевский гор, на территории которых расположен рассматриваемый карьер (Голуб и др., 1995; Черепнин, 2007; Иванова, 2010; Саксонов, Сенатор, 2012; Сидякина, 2013; Саксонов и др., 2013).

По результатам исследований отвалов и вскрышных пород, проведенных на территории Крымского полуострова Е.И. Ергиной (2009) на отвалах карбонатных пород, на первых этапах почвообразования преобладающим является мох и злаковые ассоциации, с проективным покрытием до 30%. На отвалах большего возраста (80-100 лет) незначительных по площади, наблюдается большое многообразие растительности за счет влияния соседних ареалов, а проективное покрытие травяных ассоциаций достигает 70-80%.

Согласно имеющимся литературным данным (Davis et. al., 1982; Ергина, 2009; Воронкова и др., 2011; Сумина, 2011; Чап, 2011, Безсинная, 2015), заселение антропогенно нарушенной территории начинается в первую очередь травянистыми видами растений, в то время как в рассматриваемом

Усть-Сокском карбонатном карьере пионерными видами являются древесные растения. Привлекает внимание, что в то время как Лесной массив Сокольных гор состоит в основном из клена, осины, тополя, липы, встречаются дубы и березы, но на территории карьера отмечены в основном береза, сосна и тополь. Это можно объяснить тем, что данные виды относятся к эксплорентам, первыми заселяют освобожденные участки (в том числе нарушенные территории), и отличаются неприхотливостью.

Стоит отметить, что выведенные из эксплуатации карбонатные карьеры представляют интерес как участки произрастания редких и ценных видов растений (Khater, 2007; Tropek et al., 2010). Для лесостепной зоны Среднего Поволжья это могут быть фитоценозы каменистых степей, включающие стенотопные кальцефильные виды, многие из которых включены в Красную книгу Самарской области (Кавеленова и др., 2014).

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

Существующие различия по абиотическим условиям (в первую очередь по условиям увлажнения) внутри самого карьера обеспечивают разнообразие растений на разных его участках. Несмотря на низкую увлажненность и бедность субстрата питательными элементами, протекает процесс заселения территории растительностью, особенности этого процесса обуславливают условия микроклимата на конкретном участке. Более того, на территории карьера обнаружена обширная популяция дремлика болотного и хвоща ветвистого, внесенных в Красную книгу Самарской области. Фотографии

некоторых представителей флоры Усть-Сокского карьера представлены в Приложении 16.

Таким образом, наблюдаемая на сегодняшний день флора карьера не сформировалась окончательно. Она, как и почвенный покров, находится в стадии становления.

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

5.1. Морфологические особенности листовой пластинки берёзы повислой

Согласно литературным данным (Майдебура, 2006; Жиров и др., 2007), отрицательное влияние факторов окружающей среды сначала затрагивает ультраструктурные элементы строения растения, а уже затем развиваются видимые признаки повреждения организма. Таким образом, изучение анатомических изменений помогает оценить характер и степень влияния различных неблагоприятных факторов (Тарбаева и др., 1999; Хватова, 2001; Немерешина и др., 2014). В связи с этим анализ морфологических и анатомических особенностей используется для оценки степени нарушений, характерных для среды обитания конкретного организма. Если объектом исследования является побег древесного растения, обычно оценивается диаметр побега, мощность слоев перидермы, флоэмы, ксилемы и площадь сердцевины (Рамазанова, 2012; Паутов, 2012).

По результатам предварительных рекогносцировочных исследований (Прохорова 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.

Необходимо отметить, что древесные растения на территории карьера находятся в достаточно угнетенном состоянии, характеризуются тугорослостью, изреженностью кроны, также для них характерен хлороз листьев. В западной части карьера березы располагаются достаточно разреженно, сомкнутость крон отсутствует. В центральной и восточной части карьера, а также на террасах плотность древостоя несколько выше, но нигде не отмечается заметная сомкнутость крон.

Для оценки изменения морфологических особенностей березы исследовались полностью сформированные листья, отбор материала осуществлялся не ранее второй половины июля. Основными рассматриваемыми параметрами выступали площадь листовой пластинки (без черешка) и показатели ее флуктуирующей асимметрии.

В 2011 году материал отбирался на всем протяжении экологического профиля (на тех пробных площадях, где произрастали березы), в дальнейшем отбор производился только на территории карьера и Столовом склоне (контроль).

В целом площадь листа произрастающих на территории карьера берёз варьировала от 13 до 19 см². Наибольшее значение отмечено на верхней террасе и в центральной части дна карьера, наименьшее – в восточной. Стоит отметить, что площадь листа берёз, произрастающих на городской территории сравнима с показателями, полученными на территории карьера, в то время как на контрольной площади он существенно выше (рис. 5.1). Во всех случаях зафиксированы достоверные отличия от контроля (Приложение 17).

В исследованиях Савинцевой (2015) в условиях города также наблюдается уменьшение листовой пластинки на пробных площадях, подверженных большей техногенной нагрузке как по длине, так и по ширине, однако показатели длины и ширины листовой пластинки из городских условий превышают соответствующие показатели из контрольной выборки. Вероятно меньшую площадь листовой пластинки можно объяснить относительной засушливостью на территории карьера.

На протяжении периода исследований (2012-2014 гг.) площадь листа изменялась от 7 до 19 см². Максимальное значение было отмечено в западной части карьера, минимальное – в центральной его части. 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. Вероятно, это объясняется экстремальными условиями предшествующего 2010 года, и по контрасту гораздо более благоприятными условиями в последующем году. В остальные годы значения данного параметра нормализовались и его колебания были незначительными (рис. 5.2).

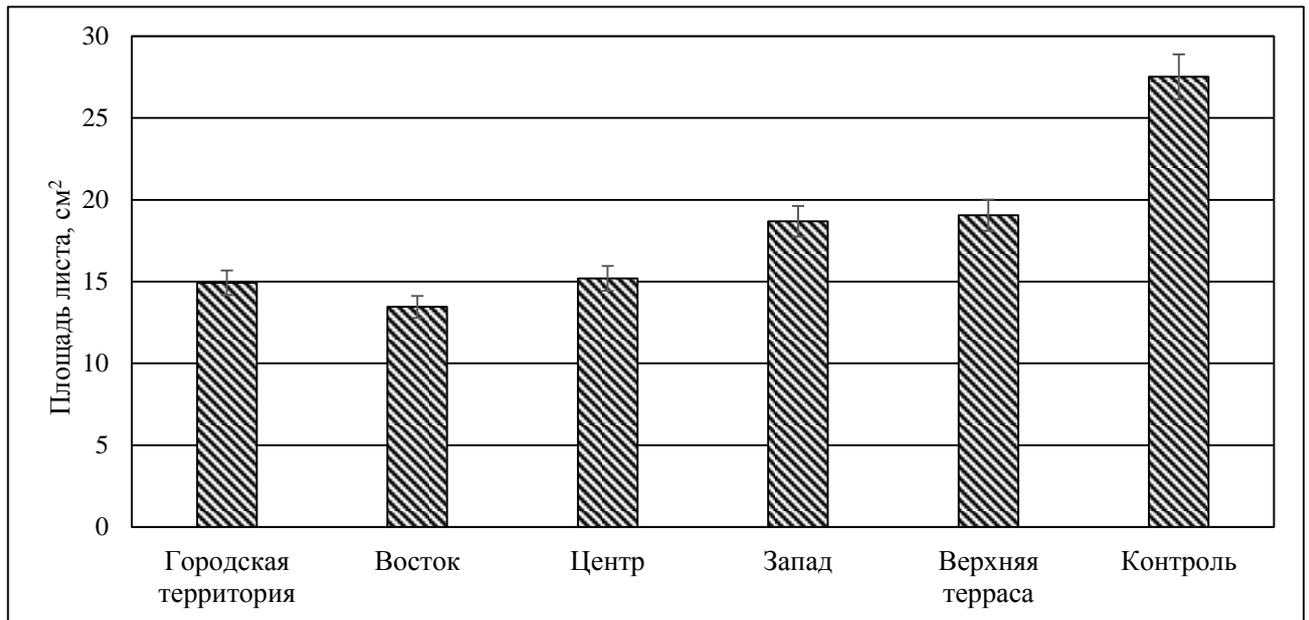


Рис. 5.1. Площадь листовой пластинки березы повислой.

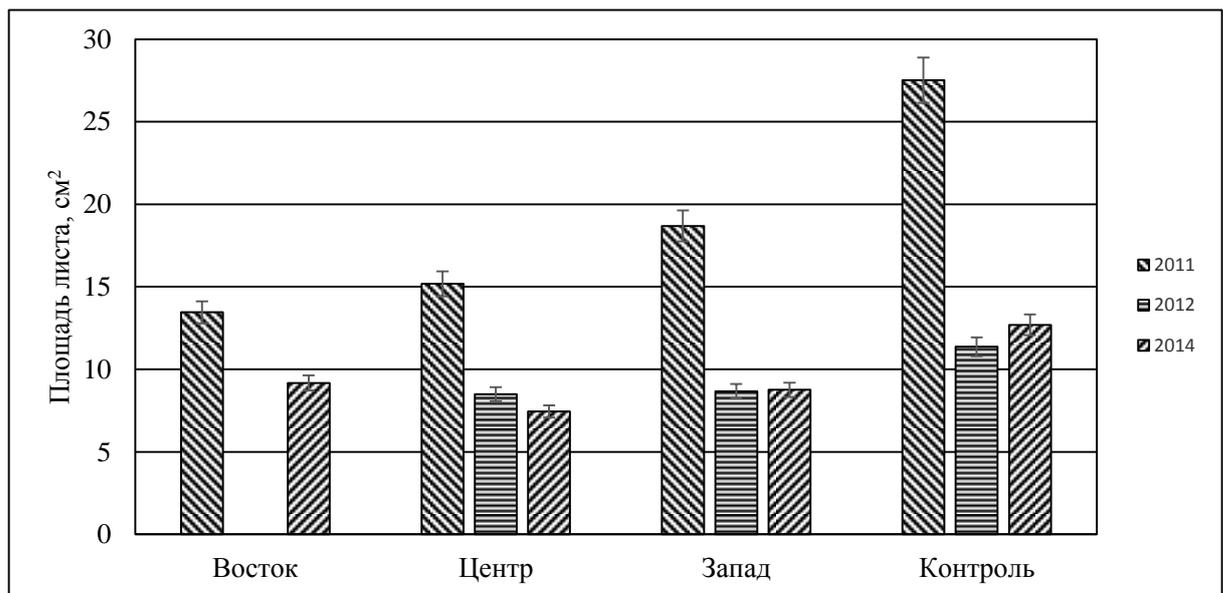


Рис. 5.2. Динамика изменения площади листа березы повислой.

Исследование флуктуирующей асимметрии является одним из способов выявления индивидуальной изменчивости, возникающей в связи с отрицательным экологическим воздействием на организм. В табл. 5.1 представлены результаты оценки отклонений состояния растительного организма (березы повислой) от условной нормы стабильности развития, проводившейся в 2011-2014 гг.

При сравнении динамики рассматриваемого показателя наблюдается тенденция к некоторому увеличению стабильности развития, что может свидетельствовать о нормализации условий обитания растений. Наименьшей вариабельностью характеризовались показатели, полученные для контрольной площади. Наибольшая изменчивость зафиксирована в западной части карьера, где отклонения состояния организма от условной нормы снизились с V (критическое состояние) до II (незначительные отклонения от нормы) баллов. Немаловажно, что влияние на величину показателя флуктуирующей асимметрии оказывают сумма осадков, продолжительность солнечного сияния и влажность воздуха в период активной вегетации листьев (Лящев, Гуртяк, 2013). По данным А.А. Лящева и А.А. Гуртяк (2013), естественные условия среды текущего года не оказывают влияние на величину показателя следующего года, но наши данные показывают, что аномально засушливые условия 2010 года все же повлияли на уровень стабильности развития березы, которое нормализовалось только к 2014 году (табл. 5.1).

Таблица 5.1.

Показатель флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических признаков березы повислой

Пробная площадь	2011 г.		2012 г.		2014 г.	
	Величина показателя	Балл	Величина показателя	Балл	Величина показателя	Балл
Восток	0,058	V	-	-	0,044	II
Центр	0,057	V	0,051	IV	0,049	III
Запад	0,062	V	0,050	IV	0,040	II
Контроль	0,051	IV	0,050	IV	0,043	II

При сравнении рассматриваемых показателей по критерию Манна-Уитни (Приложение 17) статистически достоверные различия с контролем в 2011 году зафиксированы на пробной площади в западной части карьера, а в 2014 году в центральной его части. В 2012 году статистически значимые различия не зафиксированы. Наблюдаемая закономерность к снижению показателя флуктуирующей асимметрии позволяет говорить о тенденции к нормализации состояния растений на всей территории карьера в целом.

Ряд исследований (Солдатова, Шадрин 2007; Гуртяк, Углева, 2010; Лящев, Гуртяк, 2013; Савинцева 2015) подтверждают закономерность увеличения показателя флуктуирующей асимметрии в условиях техногенного загрязнения по сравнению с контрольной выборкой.

5.2. Анатомические особенности годичных побегов березы повислой

Для оценки анатомических особенностей годичных побегов весь период исследований измерялись диаметр побега, мощность эпидермы, феллемы, феллодермы, склеренхимы, флоэмы, ксилемы, площадь сердцевины (Паутов, 2012) (рис. 5.3).

Средний диаметр побега колебался от 1070 до 1895 мкм (рис. 5.3), причем как максимальное, так и минимальное значение были отмечены в центральной части карьера. Показатели контроля существенно не отличались от показателей опытных пробных площадей, таким образом следует отметить, что данный показатель является достаточно стабильным и слабо зависит от эдафических условий среды, но связан с климатическими особенностями вегетационных сезонов. Сравнительно невысокая изменчивость данного признака в зависимости от условий среды отмечается и другими авторами (Асадулаев, Рамазанова, 2012). В многолетней динамике для всех участков наименьшие значения были отмечены в 2012 году. На протяжении 2013 и 2014 годов выявленные колебания были незначительными.

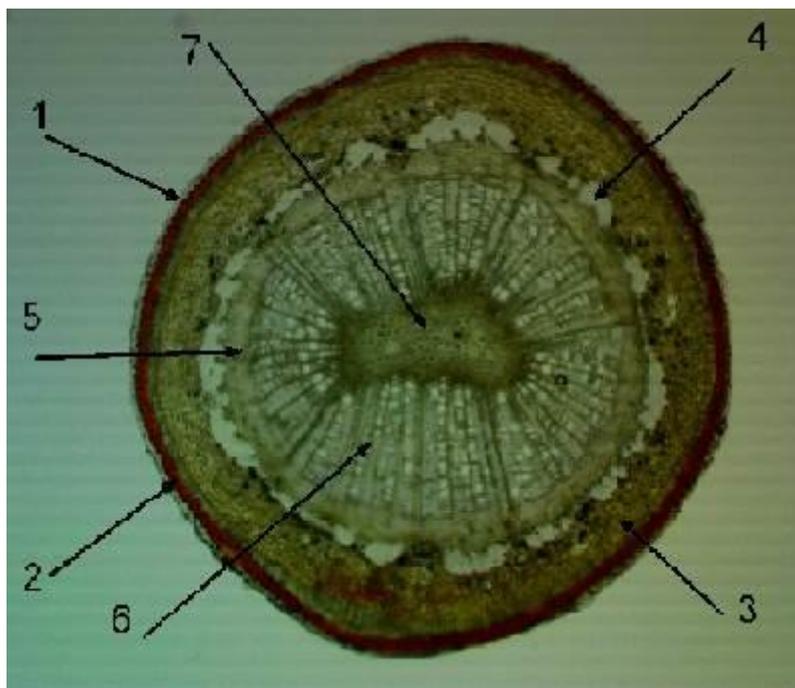


Рис. 5.3. Поперечный срез побега березы повислой.

1 – эпидерма; 2 – феллема (пробка); 3 – феллодерма; 4 – склеренхима; 5 – флоэма; 6 – ксилема; 7 – сердцевина

Мощность эпидермы годичных побегов изменялась от 8 до 17 мкм (рис. 5.4). Как наименьшее, так и наибольшее значения были зафиксированы для контрольной пробной площади. Показатели контроля уступают аналогичным данным с опытных пробных площадей (за исключением восточной части карьера). Наибольшая вариабельность отмечалась в 2012 году. Стоит отметить, что на всех пробных площадях наблюдается увеличение мощности эпидермы побегов от 2012 к 2014 году.

Толщина феллемы варьировала от 43 до 86 мкм (рис. 5.6). И наименьшее, и наибольшее значения отмечены для центральной части карьера. Показатели, полученные на контрольной площади, несколько ниже, чем на опытных пробных площадях, за исключением западной части карьера. Для всех пробных площадей (за исключением восточной части карьера, что может быть связано со случайными факторами) характерно увеличение мощности пробки годичных побегов березы в многолетней динамике.

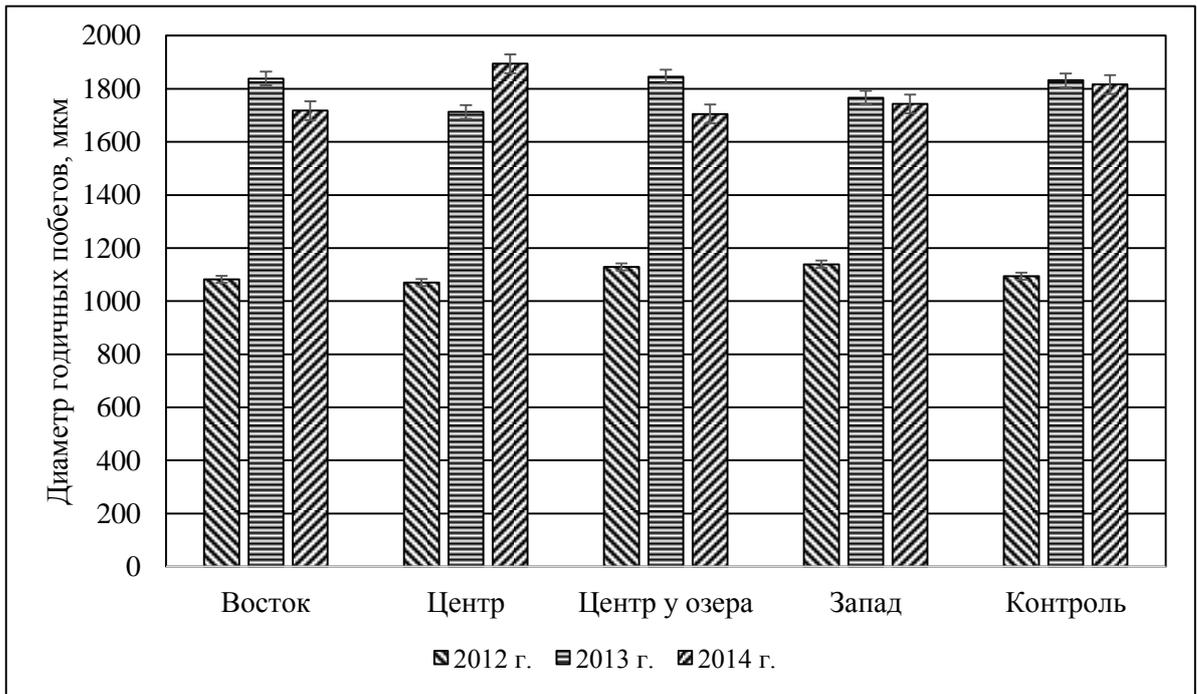


Рис. 5.4. Средний диаметр годичных побегов березы повислой.

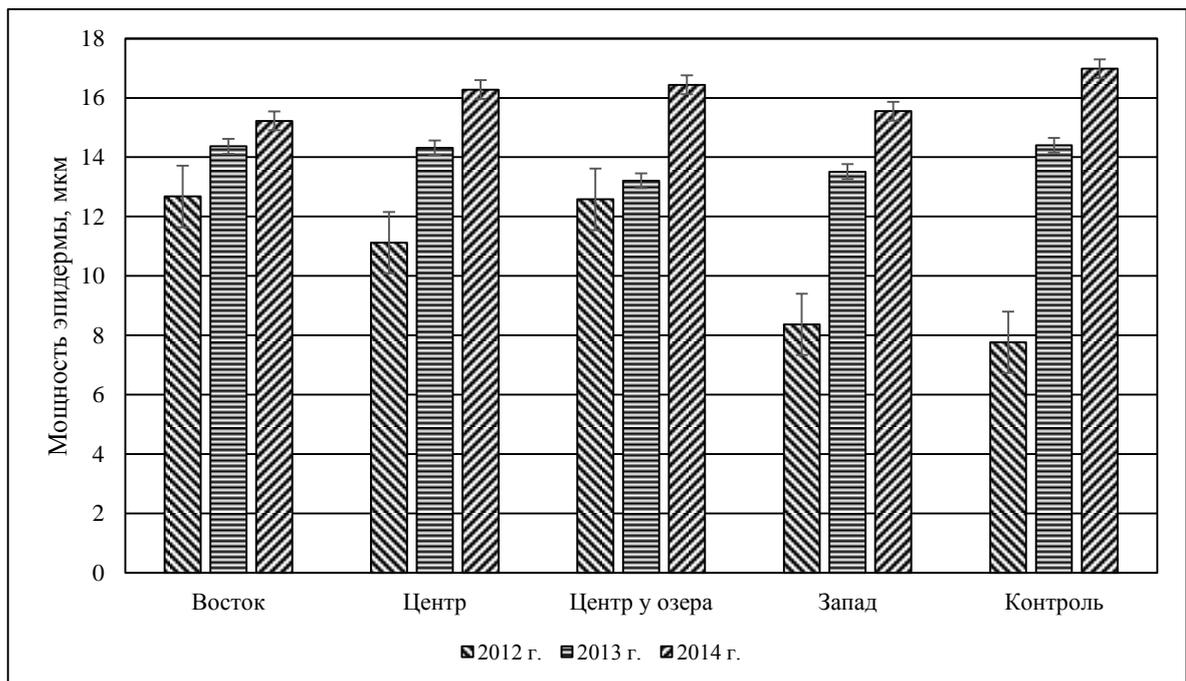


Рис. 5.5. Средняя мощность эпидермы годичных побегов березы повислой

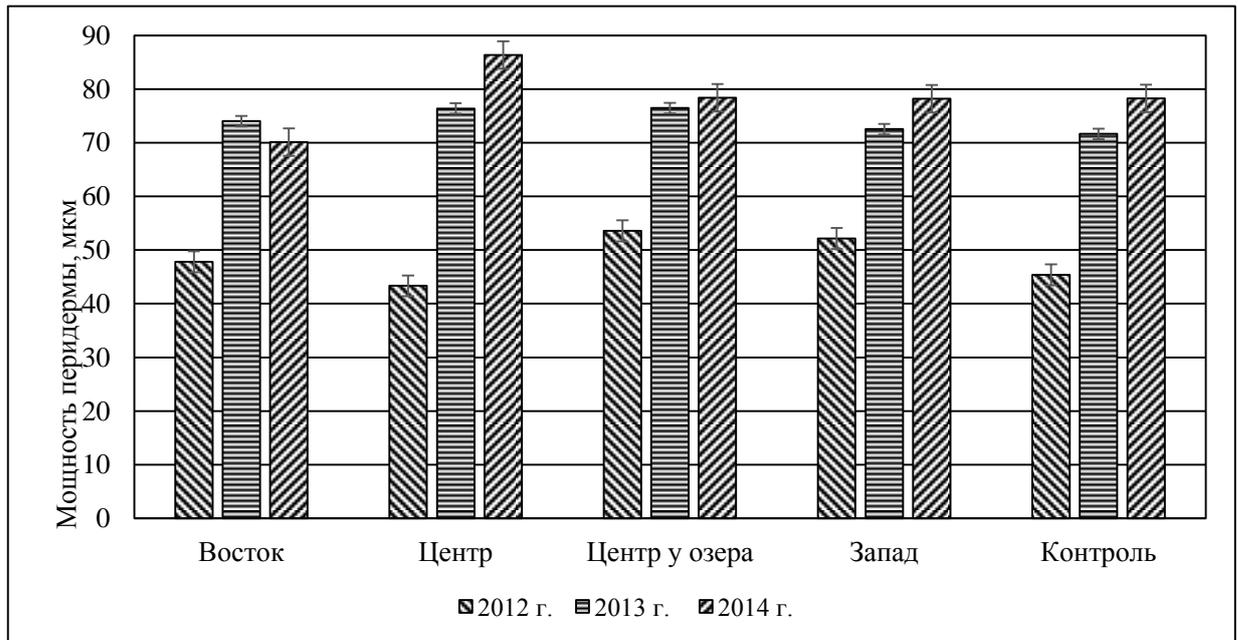


Рис. 5.6. Средняя мощность феллемы годичных побегов березы повислой.

Средняя толщина феллодермы колебалась от 74 до 156 мкм (рис. 5.7). Минимальное значение на территории карьера было зафиксировано в центральной части в районе озера, максимальное – в восточной. Показатели для контрольной площади (77-141 мкм) находились на уровне значений, отмеченных для центральной части карьера. На других пробных площадях рассматриваемый показатель был несколько выше. Рассматривая динамику показателя по многолетним данным, можно отметить его минимальное значение в 2012 году. Максимальное значение было зафиксировано в 2013 году, за исключением пробной площади в западной части карьера, где максимальным значением характеризовался 2014 год, хотя различие в этом случае было весьма незначительным.

Средняя толщина элементов склеренхимы (лубяные волокна) варьировала в пределах 39-76 мкм (рис. 5.8), при этом наибольшее значение было зафиксировано в западной части карьера, а наименьшее – в восточной и в центральной в районе озера. Данные контрольной площади в целом несколько выше, чем для опытных площадей и колеблются в пределах 48-82 мкм. Динамика показателя сходна с таковой для феллодермы. На всех

пробных площадях минимальное значение было зафиксировано в 2012 году. На всех участках на территории карьера, за исключением его западной части, наблюдается увеличение мощности механических элементов на протяжении периода наблюдения. Динамика рассматриваемого признака в западной части карьера близка к данным, полученным на контрольной пробной площадке, максимальными значениями характеризуется 2013 год.

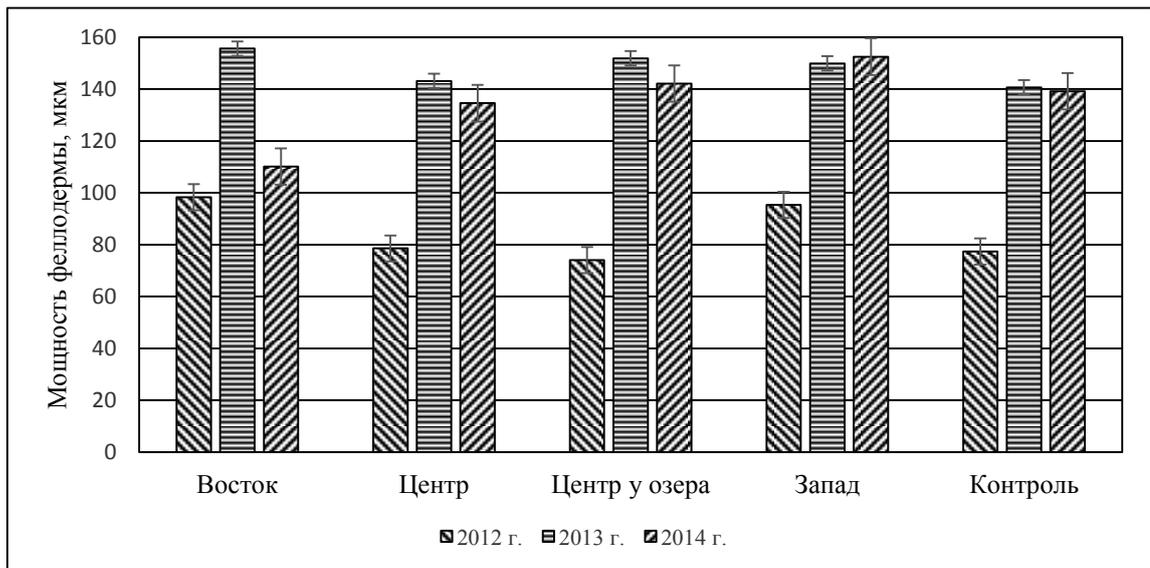


Рис. 5.7. Средняя мощность феллодермы годичных побегов березы повислой.

Толщина флоэмы изменялась в пределах от 40 до 92 мкм (рис. 5.9), причем как максимальное, так и минимальное значения были зафиксированы в центральной части карьера. На контрольном участке данный показатель колебался в пределах 45-79 мкм, что сопоставимо с данными, полученными для центральной и западной частей карьера, и несколько ниже показателей для восточной и центральной (в районе озера) частей. Также стоит отметить, что для контроля отмечено наименее выраженное колебание показателей за период исследования. Кроме того, на протяжении периода исследований для всех пробных площадей, за исключением центральной в районе озера, (вероятно это объясняется особенностями водного режима данного участка) характерно постепенное увеличение мощности флоэмы.

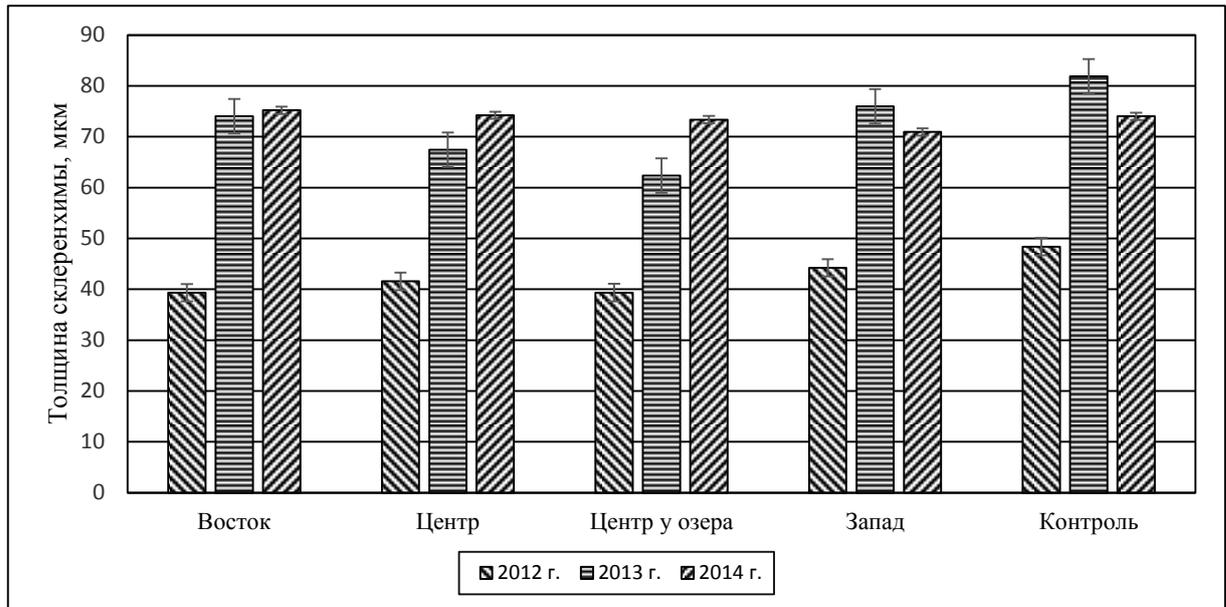


Рис. 5.8. Средняя мощность склеренхимы годовичных побегов березы повислой

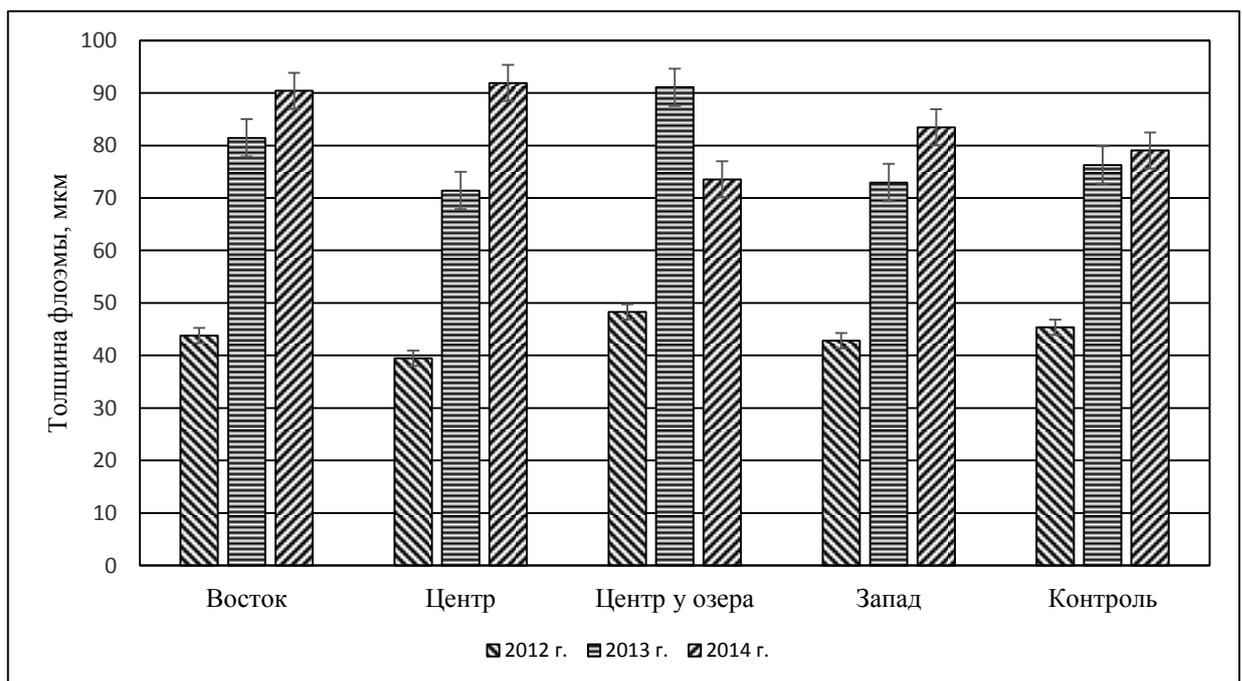


Рис. 5.9. Средняя мощность флоэмы годовичных побегов березы повислой.

Средняя толщина ксилемы находилась в пределах 107-389 мкм (рис. 5.10). Наименьшее значение отмечено для восточной части карьера, наибольшее – для центральной. На контрольной площади рассматриваемый показатель колебался от 172 до 322 мкм. В целом показатели контроля несколько превышают значения, полученные для восточного и западного

участков, и в то же время ниже данных для центральной и центральной у озера частей карьера. За период наблюдений на всех опытных пробных площадях (за исключением центральной у озера, что скорее всего связано со сравнительно высокой водообеспеченностью данной пробной площади и восстановлением в 2013 году пересохшего озера) отмечается увеличение мощности ксилемы.

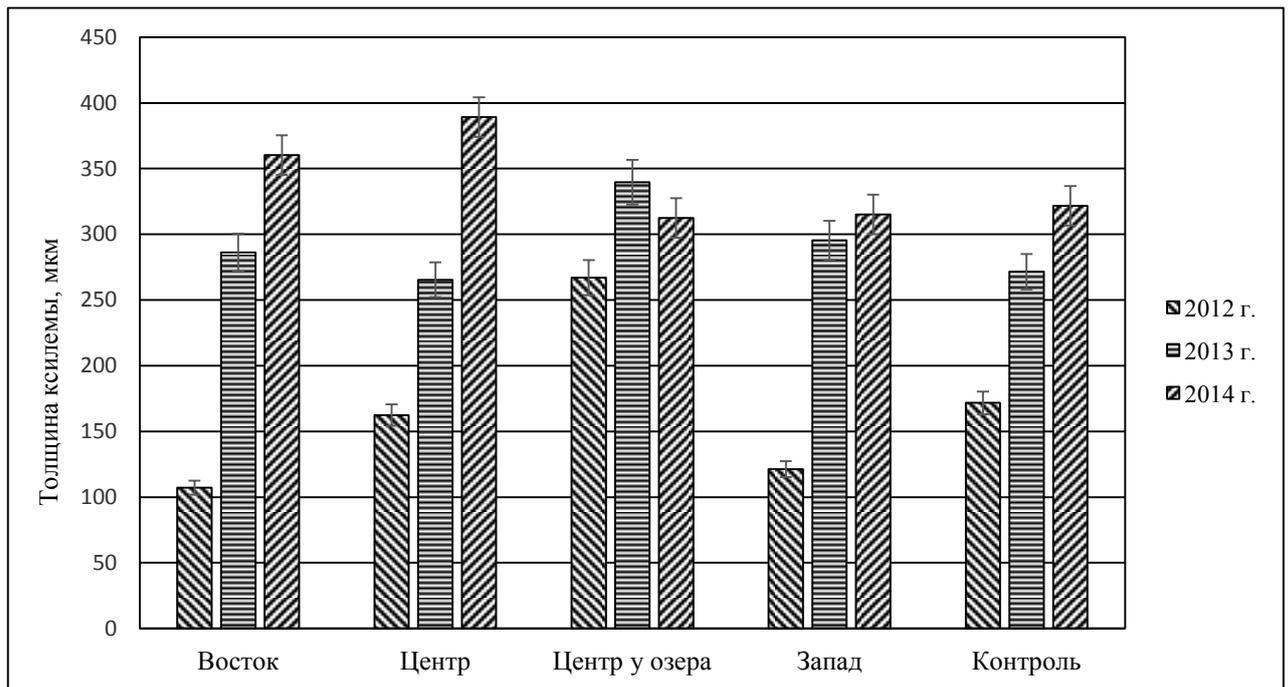


Рис. 5.10. Средняя мощность ксилемы годичных побегов березы повислой.

Средняя площадь сердцевины изменялась в пределах от 14 400 мкм² до 35 560 мкм² (рис. 5.11). Наименьшее значение было отмечено на центральном участке у озера, наибольшее – на восточном. На контрольном участке рассматриваемый показатель в целом был несколько выше (14 760 – 60 100 мкм²). Среди опытных участков наибольшие среднемноголетние значения зафиксированы в восточной части карьера, наименьшие – в центральной части у озера. Наибольшее колебание параметра за период исследования было характерно для контроля. В то время как на протяжении

2013-2014 гг. на территории карьера площадь сердцевины варьировала незначительно.

Достоверность различия рассматриваемых признаков представлена в Приложении 18.

Стоит отметить, что в целом наибольшей вариабельностью характеризуется мощность ксилемы, в то время как другие параметры изменяются достаточно слабо. При этом среднеголетние значения максимальны в центральной части карьера у озера, а минимальны – в западной. Из этого можно сделать вывод, что основную роль при формировании анатомических особенностей растений карьера играют именно условия увлажнения, так именно как данная ткань является проводящей для поглощаемых растением веществ.

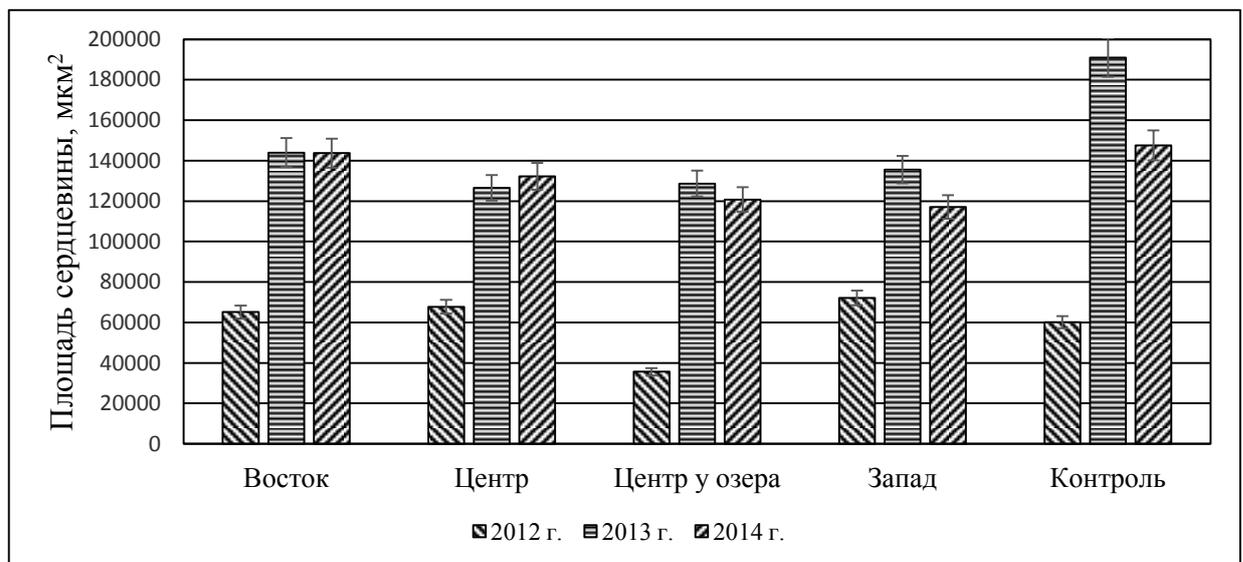


Рис. 5.11. Средняя площадь сердцевины годичных побегов березы повислой.

Можно также отметить, что наименьшими значениями всех показателей для всех пробных площадей (как опытных, так и контрольных) характеризуется 2012 год, что, вероятно, связано с отдаленным влиянием аномально засушливого 2010 года. Варьирование на протяжении 2013-2014 гг. выражено значительно слабее. Кроме того, для большинства рассматриваемых анатомических структур за некоторыми исключениями

характерно постепенное год от года увеличение мощности с максимумом в 2014 году. Лишь для сердцевины и феллодермы максимальными значениями характеризуется 2013 год.

5.3. Лигнификация (одревеснение) отдельных анатомических структур годового побега березы повислой

Одревеснению подвергаются не все анатомические структуры годового побега древесного растения. Примеры полученных изображений представлены в Приложении 19. Лигнификация характерна для склеренхимы, ксилемы и клеточных структур сердцевины (рис. 5.12). В наших исследованиях для всех перечисленных анатомических структур (за исключением сердцевины) на всех пробных площадях наименьший уровень одревеснения отмечался в 2012 году.

Наибольшая интенсивность одревеснения склеренхимы побегов была характерна для центральной части карьера, наименьшая – для центральной части у озера (рис. 5.13). На контрольной пробной площадке уровень лигнификации анатомических структур побега березы сопоставим с наименьшим для карьера значением. Для всех пробных площадей на территории карьера, за исключением его центральной части, максимальные значения рассматриваемого параметра отмечались в 2013 году.

Интенсивность лигнификации клеточных стенок сердцевины побегов также максимальна в центральной части карьера, а минимальна в центральной части у озера (рис. 5.15). Показатели контрольной площадки превышают таковые для центральной части у озера, но ниже чем на остальных пробных площадях на территории карьера. Единое направление в динамике рассматриваемого параметра отсутствуют.

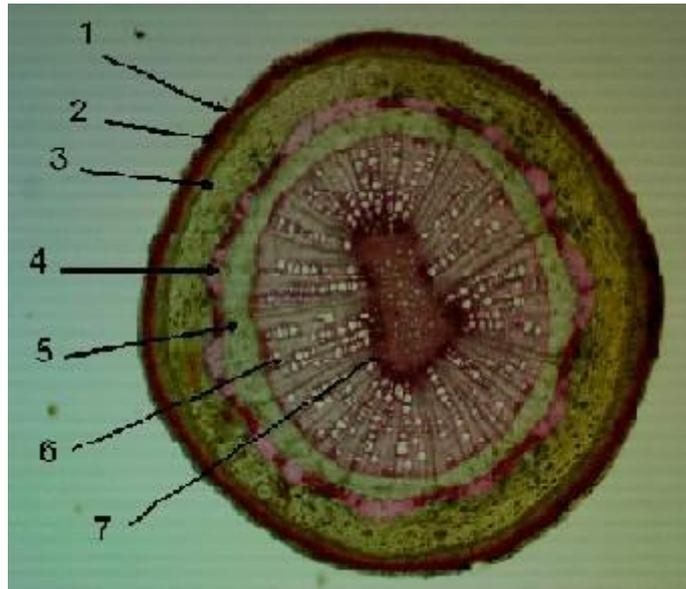


Рис. 5.12. Выявление лигнификации анатомических структур поперечного среза побега березы повислой, окраска флороглюцином
 1 – эпидерма; 2 – феллема (пробка); 3 – феллодерма; 4 – склеренхима; 5 – флоэма; 6 – ксилема; 7 – сердцевина.

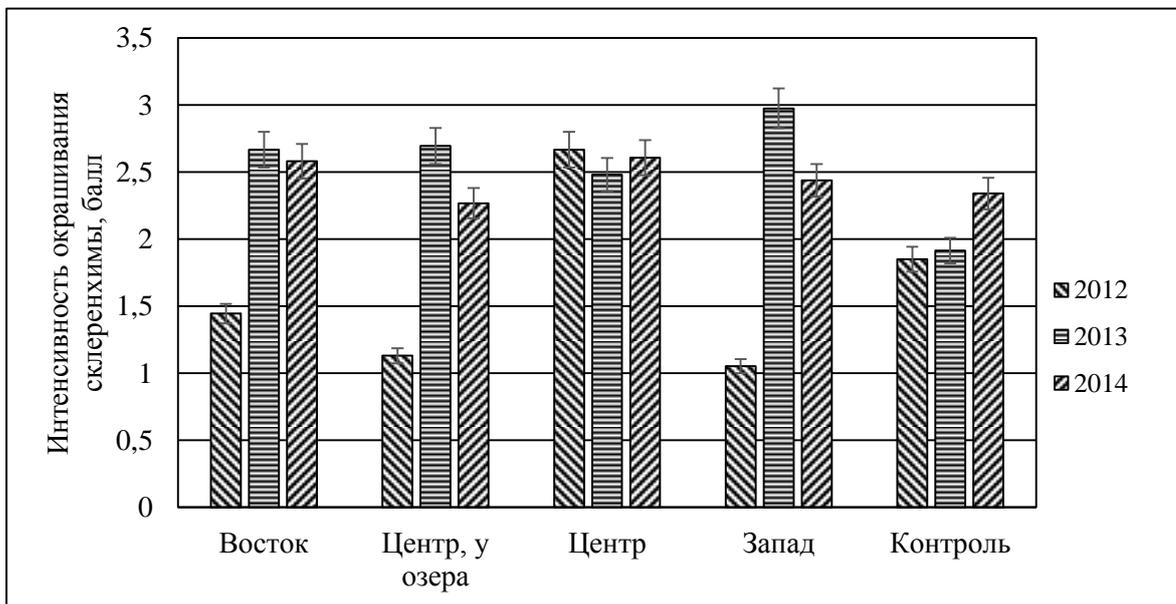


Рис. 5.13. Уровень лигнификации склеренхимы годичных побегов березы повислой.

В целом уровень лигнификации склеренхимы, ксилемы и клеток сердцевинны максимален в центральной части карьера, и минимален в

центральной части карьера у озера. При этом данные для западной и восточной частей карьера очень близки.

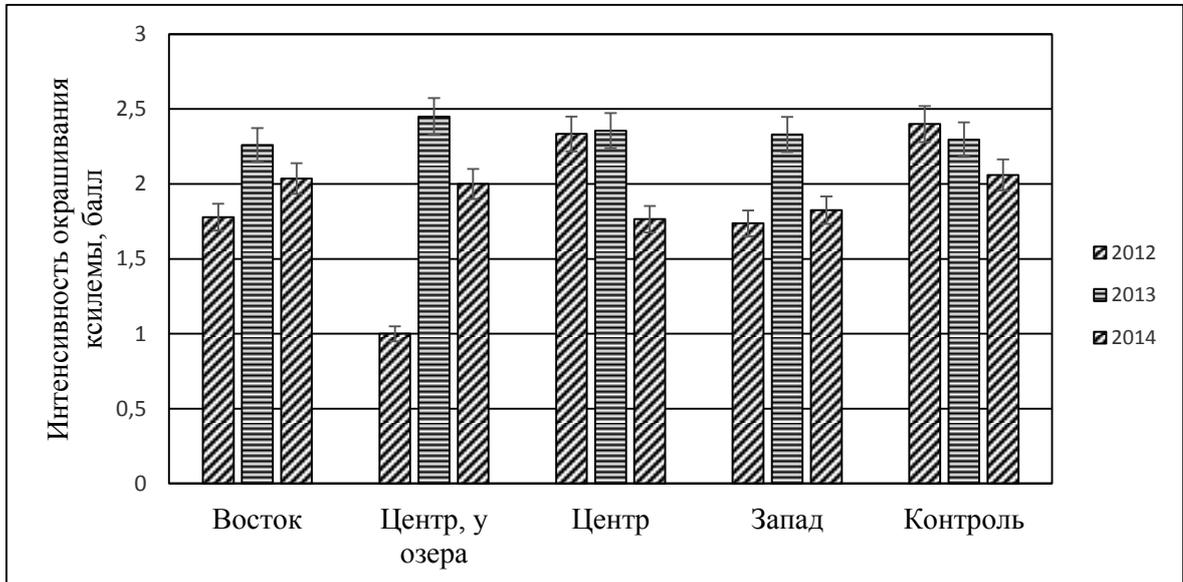


Рис. 5.14. Уровень лигнификации ксилемы годичных побегов березы повислой.

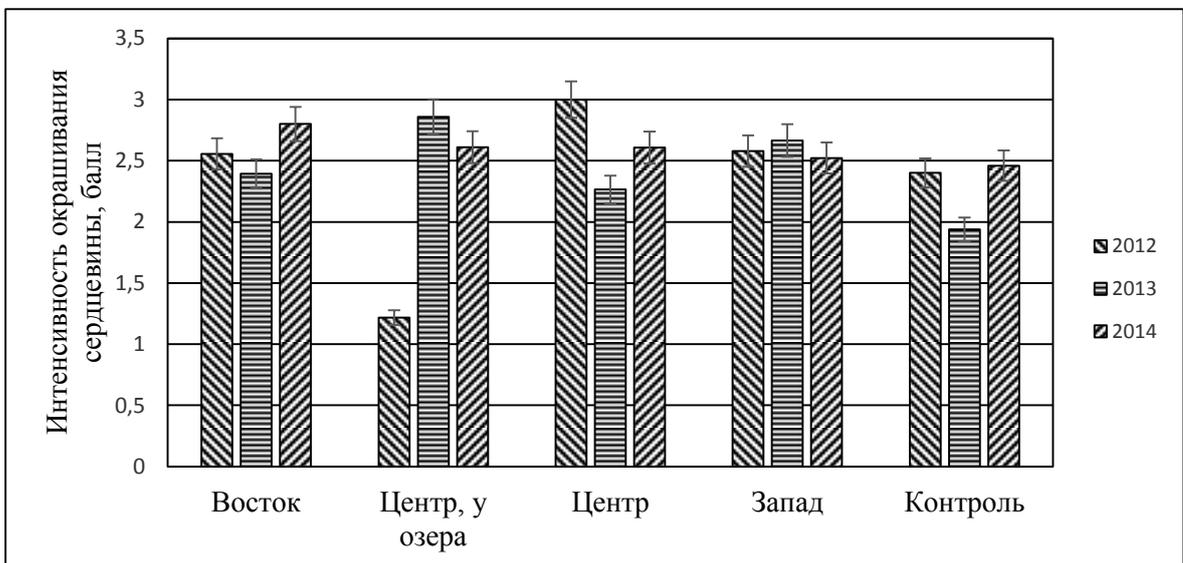


Рис. 5.15. Уровень лигнификации сердцевины годичных побегов березы повислой.

5.4. Особенности накопления тяжелых металлов в годичных побегах березы повислой

Растения способны накапливать тяжелые металлы в достаточно больших количествах, выступая в качестве аккумулятора данных химических элементов (Никитенко, 2007; Серегин, 2009; Копылова, 2012). Методика с использованием дитизонового красителя была предложена И.В. Серегиним и В.Б. Ивановым (1997) для изучения распределения тяжелых металлов в растении в модельных экспериментах. В дальнейшем это методика была модифицирована (Прохорова и др., 2003) с целью её использования в натуральных биогеохимических исследованиях. Дитизон образует с тяжелыми металлами ярко окрашенные соединения, что позволяет оценить накопление тяжелых металлов растительном организме, и по интенсивности окрашивания дает возможность сравнивать различные ткани по уровню накопления тяжелых металлов (Приложение 20).

В целом дитизоновым реактивом наиболее интенсивно окрашивалась феллема, несколько менее интенсивно флоэма, еще чуть менее феллодерма, сердцевина и ксилема. Склеренхима практически не окрашивалась (рис. 5.16).

Обращает на себя внимание, что в феллеме тяжелые металлы накапливались достаточно интенсивно на всех участках (рис. 5.17), что свидетельствует об их поступлении в растения аэрогенным путем. В атмосферном воздухе тяжелые металлы присутствуют в форме органических и неорганических соединений в виде пыли и аэрозолей (Черных и др., 2001; Рассеянные элементы..., 2004), и вероятно сорбируются на поверхности побегов. Несколько менее интенсивно тяжелые металлы накапливались лишь участки в восточной, центральной и западной частях карьера в 2012 году. Вероятно, это может быть связано с особенностями ветрового режима и воздушных потоков данного года. В целом интенсивность накопления тяжелых металлов в феллеме достаточно велика и не подвержена

значительным вариациям от условий произрастания в каждый вегетационный сезон.

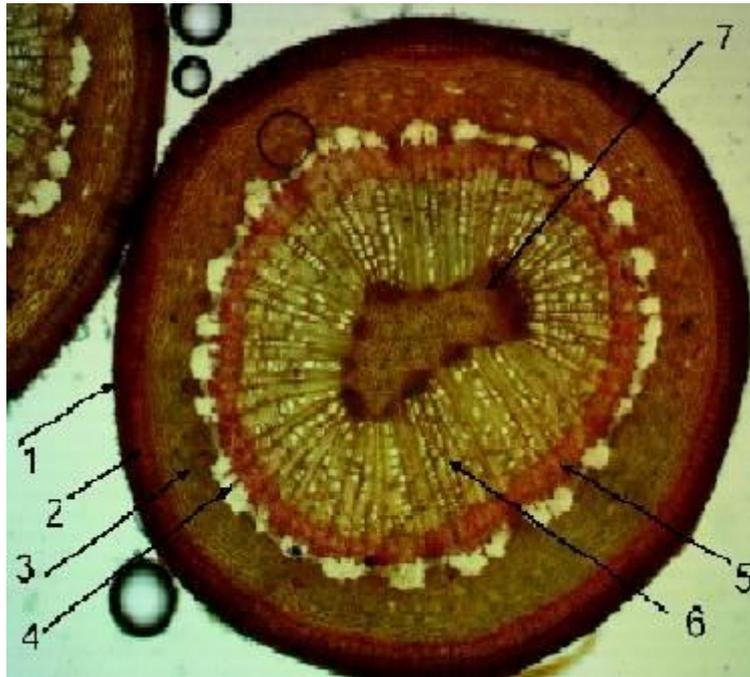


Рис. 5.16. Поперечный срез побега березы повислой, окраска дитизином

1 – эпидерма (эпидерма); 2 – феллема (пробка); 3 – феллодерма; 4 – склеренхима; 5 – флоэма; 6 – ксилема; 7 – сердцевина.

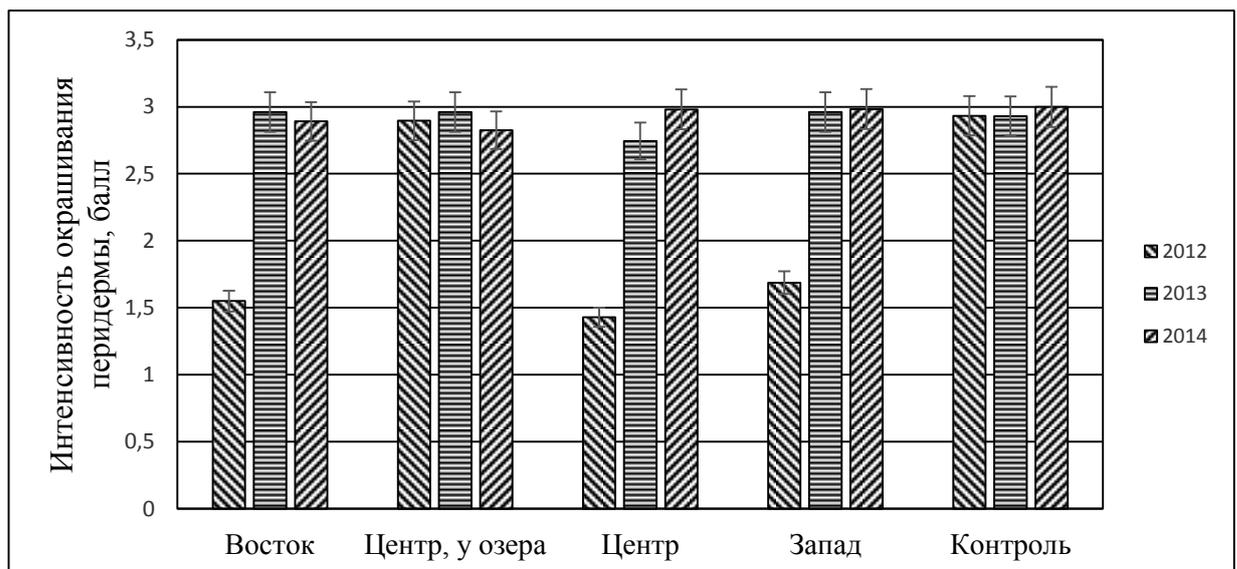


Рис. 5.17. Суммарная аккумуляция тяжелых металлов в феллеме, окраска дитизином.

Наиболее интенсивное накопление тяжелых металлов (рис. 5.18) было зарегистрировано в 2014 году на всех участках за исключением пробной площади в западной части карьера. В целом динамика накопления тяжелых металлов в феллодерме не имеет выраженной закономерности, что вероятно можно связать с двойственностью (аэрогенный и через корневую систему) путей их поступления в данную ткань.

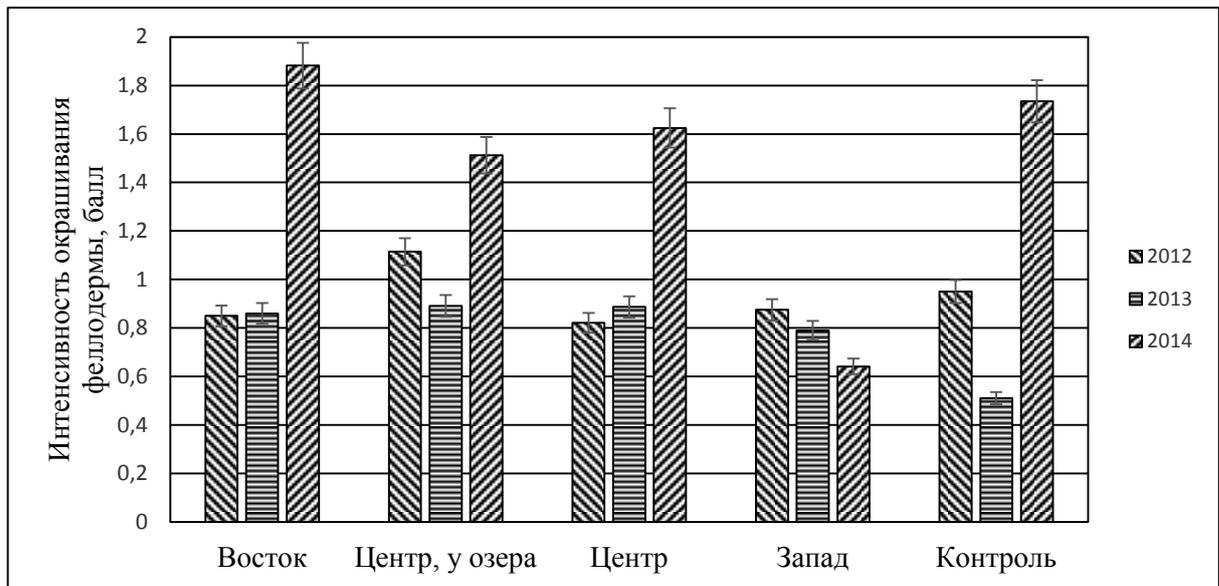


Рис. 5.18. Суммарная аккумуляция тяжелых металлов в феллодерме, окраска дитизоном.

В среднем интенсивность аккумуляции тяжелых металлов в флоэме (рис. 5.19) колебалась в районе 1,5 баллов с резким увеличением значения данного показателя в 2014 году в центральной части карьера у озера, что свидетельствует о достаточно интенсивном проникновении тяжелых металлов в растения через корневую систему, что вероятно объясняется преобладанием в почвах растворимых соединений рассматриваемых химических элементов (Черных и др., 2001; Dube et al., 2001).

Сравнительно высокое количество данных химических элементов во флоэме может свидетельствовать об активном их переносе и депонировании внутри организма растения. В среднем наиболее интенсивное накопление было отмечено на пробной площади, расположенной в районе озера, как

наиболее увлажненном участке. В свою очередь сравнительно активное поглощение растениями данных химических элементов может быть связано с обедненностью субстрата карьера органическими веществами, иммобилизующими тяжелые металлы (Черных и др., 2001).

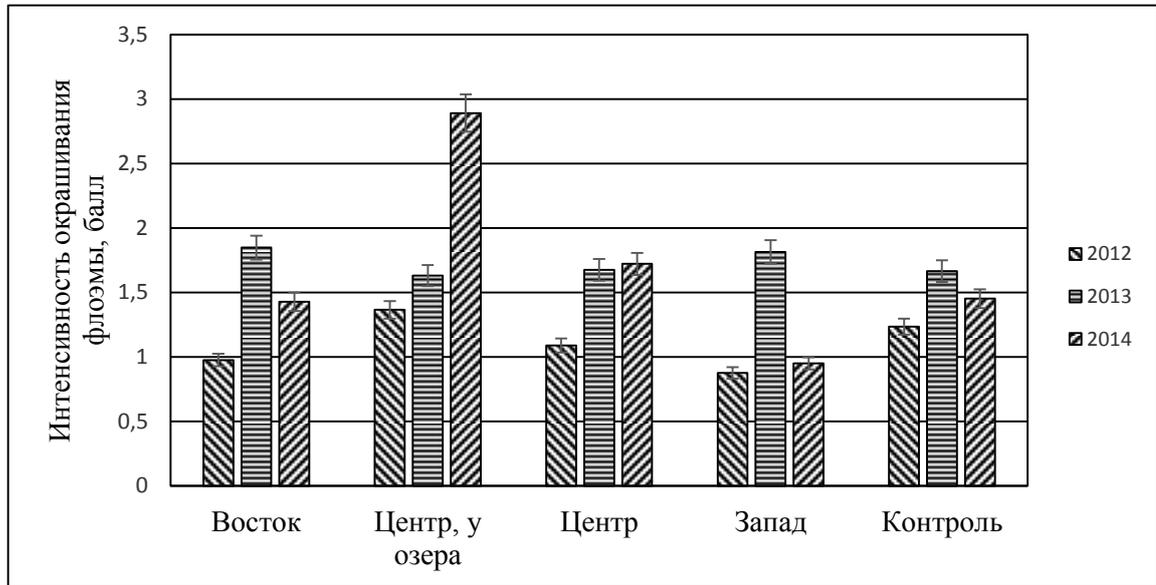


Рис. 5.19. Суммарная аккумуляция тяжелых металлов в флоэме, окраска дитизоном.

Более низкое количество тяжелых металлов в ксилеме (рис. 5.20) по сравнению с флоэмой может говорить о том, что они активно транспортируются через эту ткань и депонируются внутри растения в других структурах, образуя комплексные соединения с органическими веществами (белками). Как и для флоэмы, в среднем наиболее интенсивное накопление было отмечено на пробной площади, расположенной в районе озера.

Накопление тяжелых металлов в сердцевин (рис. 5.21) годовичных побегов березы в целом несколько выше, чем в ксилеме. В среднем наибольшие значения также характерны для пробной площади у озера. Выявленная закономерность в динамике накопления тяжелых металлов в сердцевине не выявлена.

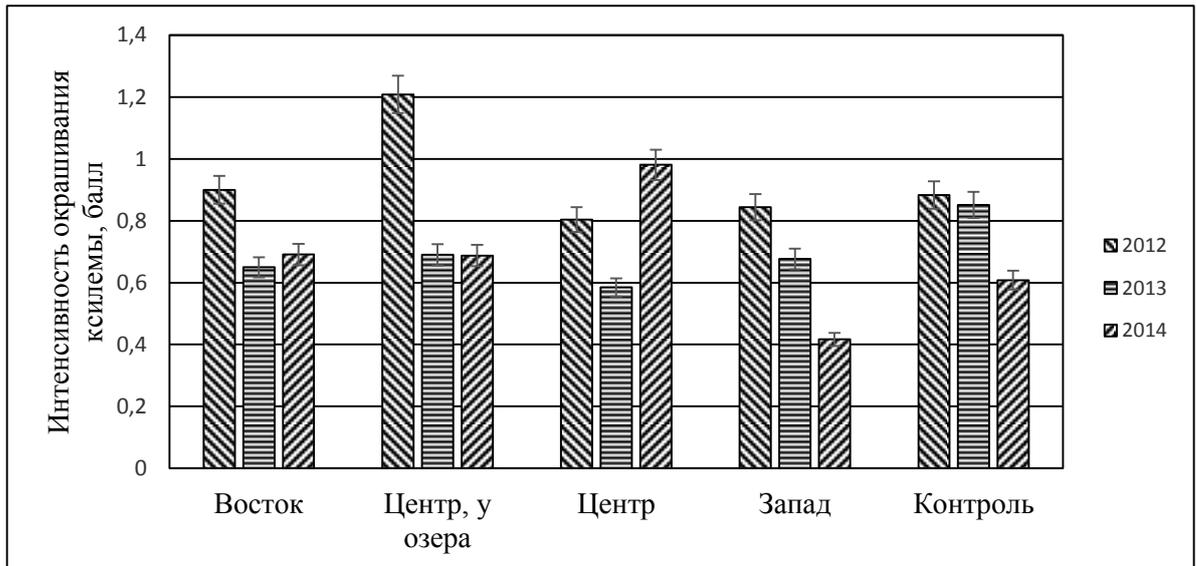


Рис. 5.20. Суммарная аккумуляция тяжелых металлов в ксилеме, окраска дитизоном.

Таким образом можно заключить, что в условиях недостаточного увлажнения растения активно поглощают воду с находящимися в ней тяжелыми металлами, что приводит к особенно интенсивному их накоплению на участке карьера с наибольшим увлажнением.

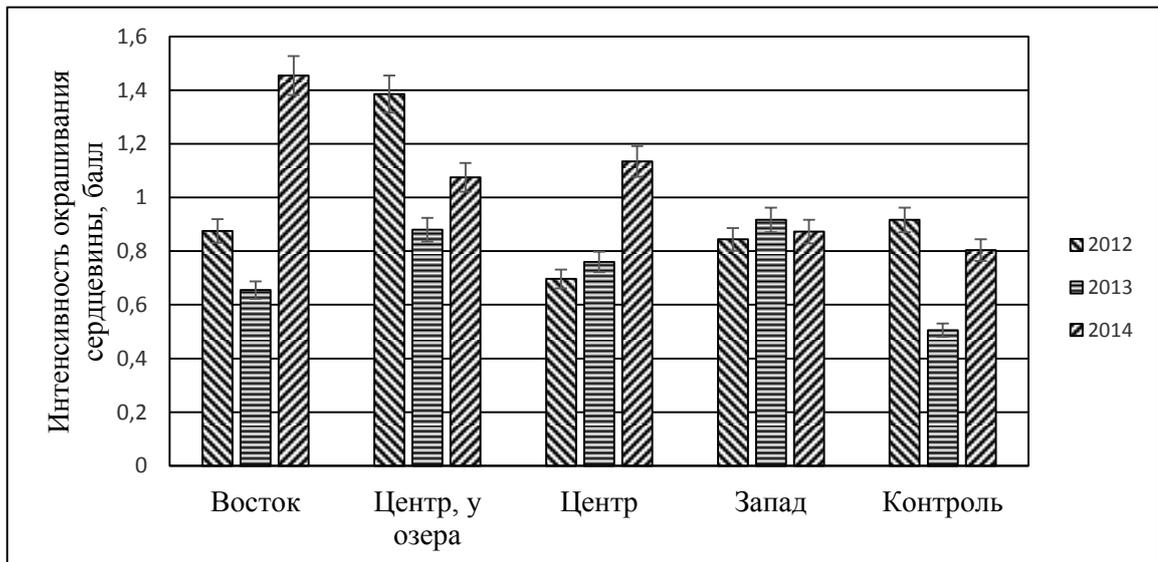


Рис. 5.21. Суммарная аккумуляция тяжелых металлов в сердцевине, окраска дитизоном.

Также стоит отметить, что согласно имеющимся литературным данным (Никитенко, 2007; Иванова, Шарф, 2011) виды рода *Betula* достаточно

активно поглощают и накапливают тяжелые металлы в вегетативных органах, причем в степной и лесостепной зоне интенсивность накопления зависит от влажности вегетационного сезона (Опекунова, 2013), что согласуется с полученными результатами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований можно заключить, что в карьере протекают процессы восстановления почвенного и растительного покрова, то есть сукцессии.

Субстрат карьера представляет собой карбонатный мелкозём, формирующийся в результате процессов выветривания горных пород, извлеченных на дневную поверхность в результате проведения работ по добыче карбонатного сырья. Его мощность в целом не превышает 2-5 см. Формирующиеся почвогрунты залегают фрагментарно, наибольшей мощности они достигают в понижениях рельефа и на террасах. Наиболее активно процессы восстановления почвенного покрова протекают в центральной части днища карьера в окрестностях естественного озера.

В восстановлении почвенного покрова особую роль играют процессы аккумуляции и миграции макро- и микроэлементов в почвах, которые во многом зависят в том числе от реакции почвенного раствора. Отобранные образцы почв и грунтов имели слабощелочную и щелочную реакцию (рН 7,22-8,78), обусловленную характером подстилающих и почвообразующих пород. Из всех исследованных образцов наибольшей величиной рН характеризовались почвогрунты Усть-Сокского карьера. Величина рН в ненарушенных лесных почвах Сокольных гор не превышала 8, а в урбанозёме занимала промежуточное положение.

Во всех отобранных образцах было выявлено наличие органического углерода ($C_{\text{орг}}$). Наибольшее содержание $C_{\text{орг}}$ (4,03-4,33%) отмечено для почв пробных площадей, расположенных на лесистых южном и северном склонах Сокольных гор. Почвы открытой равнинной территории, примыкающей к западной оконечности Усть-Сокского карьера, а также почвы Столового склона (контроль), обращённого к Саратовскому водохранилищу, содержали несколько меньше $C_{\text{орг}}$ (3,63-4,32%). Самое низкое содержание $C_{\text{орг}}$ (0,25-2,13%) обнаружено в почвогрунтах карьера. Содержание $C_{\text{орг}}$ в образцах нижних террас карьера значительно уступает аналогичным показателям

верхних террас. Например, содержание $C_{\text{орг}}$ в грунтах второй сверху террасы северной экспозиции (расположенной на южном борту карьера) почти не отличается от содержания $C_{\text{орг}}$ в почвах северного подножия Сокольных гор, что объясняется смывом почвенной массы со склонов, прилегающих к карьере. Содержание $C_{\text{орг}}$ в почвах городской территории сопоставимо с аналогичным показателем образцов из восточной части карьера и несколько выше, чем в почвогрунтах днища карьера. Однако содержание $C_{\text{орг}}$ в урбаноземах значительно ниже, чем в ненарушенных почвах Сокольных гор.

В почвах и почвогрунтах были обнаружены основные минеральные формы азота (аммонийный, нитратный и нитритный азот). Максимальное количество аммонийной формы азота зафиксировано в ненарушенных почвах (причем в образцах со Столового склона его несколько меньше, чем в лесных почвах). Содержание NH_4^+ в почвогрунтах карьера колебалось в пределах 0,74-6,64 мг/кг почвы. Наибольшее его содержание фиксировалось в центральной части карьера, наименьшее – в восточной. Рассматриваемый показатель для урбанозема несколько выше, чем для почвогрунтов карьера.

Количество нитритного азота в исследованных образцах варьировало в пределах от 0 до 2,46 мг/кг почвы, причем и наибольшее, и наименьшее содержание было зафиксировано в центральной части карьера. Количество NO_2^- в техноземе сопоставимо с аналогичным показателем почвогрунтов карьера. Содержание нитритной формы азота максимально в ненарушенных почвах Столового склона.

Наибольшее содержание нитратной формы азота характерно для ненарушенных лесных пробных площадей. Количество NO_3^- в почвах Столового склона лишь незначительно превышает показатели, характерные для дна карьера и сопоставимо с данными для террас. Содержание нитратной формы азота в урбаноземе было близко к аналогичным показателям почвогрунтов карьера. Количество нитратной формы азота в изучаемых почвогрунтах было зафиксировано в пределах 19,27-69,51 мг/кг почвы. Максимальное и минимальное значение отмечались в западной и

центральной части карьера соответственно. Количество нитратного азота в формирующихся почвогрунтах несколько уступает его количеству в контрольных почвах.

Наличие минеральных форм азота косвенно подтверждает возможность формирования гумуса в карбонатном мелкозем карьера.

Обеспеченность субстрата минеральными формами азота косвенно можно оценить по активности почвенных азотфиксирующих микроорганизмов. Максимальные показатели активности бактерий рода *Azotobacter* выявлены в почвогрунтах Усть-Сокского карьера. Вероятно, повышенная активность азотобактера связана с усиленной фиксацией молекулярного N из атмосферного воздуха в условиях определенного дефицита его субстратных форм.

В почвогрунтах Усть-Сокского карьера выявлены необходимые для роста и развития растений макро- и микроэлементы, а также техногенные тяжёлые металлы и металлоиды. Высокое содержание Ca и Mg в субстратах карьера связано с минералогическим и химическим составом почвообразующих пород (доломиты, известняки, гипс). Содержание P в почвогрунтах карьера также выше, чем в сформированных почвах контроля. В лесных почвах Соколых гор содержание K, Si и Al значительно превышало аналогичные показатели субстратов карьера. Выявлена пространственно-временная динамика накопления микроэлементов в субстрате карьера, в том числе элементов из группы тяжёлых металлов и металлоидов (Pb, Cd, As и др.). При этом заметного превышения действующих нормативов практически не обнаружено.

Два элементарных аккумулятивных ландшафта в пределах Усть-Сокского карьера (верхняя терраса в восточной части карьера и участок днища вблизи озера в центральной части карьера) отличаются более интенсивным процессом первичного почвообразования и накопления различных химических элементов. В целом специфический химический состав формирующихся почвогрунтов во многом определяется свойствами

подстилающих горных пород и характером режима увлажнения и микрорельефа, что в свою очередь оказывает влияние на видовой состав формирующегося растительного покрова Усть-Сокского карьера.

Усть-Сокский карьер характеризуется неравномерным пространственным распределением растительности. Наибольшая плотность и видовое разнообразие отмечаются в понижениях рельефа, на террасах и в местах складирования мусора. Обнажённые участки скального фундамента и каменистый субстрат заселены в основном пионерными видами грибов, водорослей, лишайников. Древостой представлен разновозрастным самосевом берёзы повислой, тополя чёрного, сосны обыкновенной и нескольких видов ивы. 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, осины, дуба и березы. Выявлено относительно слабое развитие травянистого покрова. В карьере практически отсутствуют участки с сомкнутым пологом древесной и травянистой растительности (проективное покрытие травостоя варьирует в пределах 0-33%). Наиболее изреженный травянистый покров с проективным покрытием 3-9% характерен для пробных площадей, расположенных в восточной и западной частях карьера.

По результатам многолетних исследований, в Усть-Сокском карьере выявлено 122 вида сосудистых растений, принадлежащих к 92 родам, 41 семейству, 5 классам и 4 отделам. Доминируют представители отдела Цветковые (*Magnoliophyta*), насчитывающие 118 видов (96,72% от общего числа). Остальные отделы немногочисленны: Папоротникообразные (*Polypodiophyta*) и Голосеменные (*Pinophyta*) включают по 1 виду, Хвощеобразные (*Equisetophyta*) – 2 вида. Среди цветковых растений доминируют представители класса Двудольные (*Magnoliopsida*), которые группируются в 33 семейства, 80 родов и 107 видов. Двудольным растениям существенно уступает класс Однодольных (*Liliopsida*), включающий 5 семейств, 9 родов и 11 видов.

При сравнении флористических спектров Усть-Сокского карьера и западной части Сокольных гор обнаруживается сходство по положению первого (*Asteraceae*), второго (*Rosaceae*), третьего (*Fabaceae*) и пятого (*Scrophulariaceae*) доминирующих по числу видов семейств, что сближает флору карьера с флорой западной части Сокольных гор. Усть-Сокскому карьере свойственны высокие позиции семейств *Rosaceae* и *Salicaceae*, которые характерны не только для флоры Сокольных гор, но и для флоры Волжского флористического района Самарской Луки. Также обращает внимание низкое положение сем. *Poaceae* в спектре карьера.

На территории Усть-Сокского карьера преобладают многолетние травы (60 видов, 49,18% от общего числа видов), среди которых доминируют группы длиннокорневищных, коротkokорневищных 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 видов. Численность остальных биоморф убывает в ряду: травянистые двулетники, травянистые однолетники или двулетники, полукустарники и полукустарнички, лианы.

По классификации климаморф К. Раункиера в Усть-Сокском карьере значимую роль играют 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.

Большинство растений, произрастающих в Усть-Сокском карьере, опыляется насекомыми и относится к энтомофилам (94 вида, 77,05% от общего числа видов), но встречаются и анемофилы (23 вида, 18,85%), опыление которых осуществляется ветром, а также самоопылители (2 вида, 1,64%). К споровым растениям Усть-Сокского карьера принадлежат 3 вида (*Dryopteris carthusiana* (Vill.) Н.Р. Fuchs, *Hippochaete hyemalis* (L.) Bruhin, *H.*

ramosissima (Desf.) Voern.), что составляет 2,49% от общего числа видов карьера.

По способу распространения диаспор в Усть-Сокском карьере первенствуют анемохорные растения (37 видов, 30,33 % от общего числа видов), споры, семена и плоды которых обладают специальными приспособлениями (малый вес, крылатки, волоски) для распространения ветром. Затем следуют растения-баллисты (22 вида, 18,03%), разбрасывающие диаспоры в стороны благодаря механическому раскачиванию их морфологических частей сторонними агентами (ветром, животными и др.), немного им уступают растения-зоохоры (20 видов, 16,39%), чьи семена распространяются животными. Несколько меньше растений-барохор (6 видов, 4,92%), диаспоры которых осыпаются пассивно под действием силы тяжести. Также зафиксирована антропохория (1 вид, 0,82%) и автомеханохория (1 вид, 0,82%) Нередко отмечается дипло- (29 видов, 23,77%) и полихория (6 видов, 4,92%).

Ценоморфный анализ показал, что в Усть-Сокском карьере господствуют сивлванты, тяготеющие к биотопам коренных лесных сообществ. Совокупно на долю сивлвантов и сивлвантов-рудерантов (биоценотический оптимум которых находится в биотопах сомкнутых лесонасаждений полуосветлённой и полутеневой структуры) приходится 47 видов или 38,52%. Далее в порядке убывания следуют луговые (пратанты) и сорно-луговые виды (пратанты-рудеранты) из биотопов ненарушенных и изреженных луговых группировок (27 видов, 22,13%). На третьем месте, незначительно уступая луговым видам, находятся степные (степанты) и сорно-степные виды (степанты-рудеранты) (25 видов, 20,49%), процветающие соответственно в коренных степных сообществах и в биотопе изреженных степных группировок. Сравнительно более малочисленными являются сорные – рудеранты (11 видов, 9,02%) и болотные – палюданты (3 вида, 2,46%) виды, приуроченные соответственно к пустырям и

заболоченным участкам. На территории карьера также отмечаются дичающие из культуры растения (9 видов, 7,38%).

В условиях Усть-Сокского карьера преимущественное развитие получили мезотрофные виды, предпочитающие субстраты со средним уровнем содержания элементов питания (70 видов, 57,38%). Мегатрофами являются 33 вида (27,05%), олиготрофами – 15 видов, 12,30% и полупаразитами – 4 вида (3,28%).

Во флоре Усть-Сокского карьера преобладают умеренно требовательные к почвенному и атмосферному увлажнению мезофиты (33 вида, 27,05%). Вторую и третью позиции занимают ксеромезофиты (32 вида, 26,23%) и мезоксерофиты (21 вид, 17,21%). Практически в равном соотношении находятся ксерофиты (13 видов, 10,66%) и мезогигрофиты (11 видов, 9,02%). К зоне озера приурочены гигрофиты (7 видов, 5,74%), ультрагигрофиты (3 вида, 2,46%) и гигромезофиты (2 вида, 1,64%).

Абсолютное большинство произрастающих в Усть-Сокском карьере видов растений светолюбивы (гелиофиты и сциогелиофиты насчитывают соответственно 75 видов, 61,48% и 34 вида, 27,87%). К гелиосциофитам, выдерживающим затенение, принадлежит 10 видов (8,20%). В карьере произрастают 3 вида-сциофита (2,46%), световой оптимум которых находится в плотнокронных лесах теневой структуры.

Усть-Сокский карьер характеризуется сравнительно невысоким уровнем видового разнообразия растений. Вместе с тем, в карьере произрастают 8 видов, внесенных в Красную книгу Самарской области: хвощ ветвистый (*Equisetum ramosissimum* Desf.) дремлик тёмно-красный (*Epipactis atrorubens* (Hoffm.) Besser), дремлик широколистный (*E. helleborine* (L.) Crantz), дремлик болотный (*E. palustris* (L.) Crantz), тополь белый (*Populus alba* L.), боярышник волжский (*Crataegus volgensis* Pojark.), грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia* L.) и наголоватка Ледебурга (*Jurinea ledebourii* Bunge). Еще 5 видов растений, обнаруженных в Усть-Сокском карьере, включены в список редких и уязвимых таксонов Самарской области,

нуждающихся в постоянном контроле и наблюдении. Это такие виды как: ива остролистная (*Salix acutifolia* Willd.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), золототысячник красивый (*Centaureum pulchellum* (Sw.) Druce), коровяк обыкновенный (*Verbascum thapsus* L.), девясил германский (*Inula germanica* L.). Боярышник волжский (*Crataegus volgensis* Pojark.) также является эндемиком Среднего Поволжья

Специфика пространственного распределения и видового разнообразия растений обусловлены особенностями сложившихся в Усть-Сокском карьере экологических и биогеохимических условий: слабо сформированным или отсутствующим почвенным покровом, дефицитом грунтового увлажнения, высокимуравнем освещённости и инсоляции, недостатком или слабой доступностью элементов минерального питания. Всё это влияет не только на видовое разнообразие, но и на жизненное состояние травянистых и древесных растений. Растительность карьера имеет незначительную фитомассу и слабое проективное покрытие. Высота деревьев и диаметр их стволов небольшие. Древесные виды характеризуются мелколистностью и хлоротичностью листьев.

Доминантные виды древесного яруса (в частности берёза повислая) обнаруживают худшие показатели стабильности развития по сравнению с контролем. При анализе динамики показателя флуктуирующей асимметрии наблюдается тенденция к увеличению стабильности развития, то есть к нормализации состояния растений в карьере. Наименьшей вариабельностью характеризовались показатели, полученные для контрольной площади. Наибольшая изменчивость зафиксирована в западной и восточной части карьера, где рассматриваемый показатель менялся с V (критическое состояние) до II (незначительные отклонения от нормы) баллов.

Также зафиксировано снижение площади листа у берёзы по сравнению с контролем. Площадь листа произрастающих на территории карьера берёз варьировала от 7 до 19 см². Максимальное значение было отмечено в западной части карьера, минимальное – в центральной его части.

Максимальные значения рассматриваемого признака для всех пробных площадей были зафиксированы в 2011 году. Аналогичный показатель для растений, произрастающих на городской территории сравним с данными, полученными на территории карьера, и ниже данных для ненарушенных участков.

Средний диаметр годичного побега березы существенно не различался для контроля и пробных площадей на территории карьера. При изучении анатомических структур наибольшая вариабельность отмечается для мощности ксилемы, в то время как другие параметры изменяются достаточно слабо. Среднемноголетние значения мощности ксилемы максимальны у берез в центральной части карьера у озера, а минимальны – в его западной части.

Анализ временной динамики показал, что наименьшими значениями всех анатомических показателей для всех пробных площадей (как опытных, так и контрольных) характеризуется 2012 год. Кроме того, для большинства рассматриваемых анатомических структур за некоторыми исключениями характерно постепенное год от года увеличение мощности с максимумом в 2014 году. Лишь для сердцевины и феллодермы максимальными значениями характеризуется 2013 год.

При гистохимическом изучении суммарного накопления и распределения в растениях тяжелых металлов с использованием дитизонового реактива было отмечено, что интенсивность окрашивания перидермы в среднем не опускалась ниже 2 баллов на всех участках, что свидетельствует о поступлении тяжелых металлов в растения аэрогенным путем. В период исследований интенсивность накопления тяжелых металлов в годичных побегах березы не была подвержена значительному варьированию.

Интенсивность окрашивания флоэмы колебалась в районе 1,5 баллов с резким увеличением в 2014 году в центральной части карьера у озера, что свидетельствует о достаточно интенсивном проникновении тяжелых

металлов в растения через корневую систему. В среднем наиболее интенсивное окрашивание было отмечено на пробной площади, расположенной в районе озера, как наиболее увлажненном участке.

Таким образом, комплексные исследования, проведенные на территории Усть-Сокского карьера, показали, что в техногенно нарушенном ландшафте протекают процессы естественной ренатурализации, заключающиеся в постепенном восстановлении почвенного и растительного покрова. Однако современное состояние почвенного и растительного покрова пока не соответствует природной норме. В целом можно говорить о направленности процессов ренатурализации ландшафта карьера в сторону лесного фитоценоза, хотя на настоящий момент сформировавшаяся экосистема сильно отличается от окружающего лесного массива, и очевидно является промежуточной стадией сукцессионного процесса.

На основании проведенных исследований можно предложить проводить рекультивацию выведенных из эксплуатации карбонатных карьеров с использованием растительности, достаточно приспособленной к подобным абиотическим условиям из приведенного в работе списка видов. Желательно использовать аборигенную фракцию флоры, в том числе редкие растения-кальцефилы, успешно развивающиеся на территории рассматриваемого карьера. Пригодность карбонатного субстрата для заселения растениями позволяет исключить из рекультивационных мероприятий предварительный этап связанный с обеззараживанием почв. Для улучшения условий произрастания растений возможно обогащать формирующийся карбонатный субстрат доступными для растений органическими веществами. Лимитирующую роль в условиях Усть-Сокского карьера играют условия увлажнения, поэтому для ускорения сукцессионных процессов возможно 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 максимальна в мелкоземном субстрате карьера.

3. Не смотря 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 поникающей) аэрогенным путем через кутикулу и чечевички перидермы. Менее интенсивно они поступают с корневым током в структурах 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 по меньшей мере 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, складывающегося в карьере, 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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абакумов, Е.В. Гумусообразование в карбонатных почвах карьерно-отвальных комплексов Северо-Запада Русской равнины / Е.В. Абакумов, Э.И. Гагарина // Вестник Санкт-Петербургского ун-та. – 2002. – № 3. – С. 65-75.
2. Агурова, И.В. Экологические аспекты формирования популяций растений в техногенных экотопах / И.В. Агурова, С.И. Прохорова // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы: Материалы Всероссийской конференции. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 277-278.
3. Александровский, А.Л. Эволюция почв и географическая среда / А.Л. Александровский, Е.И. Александровская. – М.: Наука, 2005. – 223 с.
4. Алексеева-Попова, Н.В. Взаимосвязь растительного покрова тундр и химизма субстрата в свете работ выдающихся ботанико-географов БИН РАН / Н.В. Алексеева-Попова // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы: Материалы Всероссийской конференции. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 278-281.
5. Андреюк, Е.И. Микробные сообщества песков на разных стадиях естественного зарастания / Е.И. Андреюк, Е.В. Валагурова, Е.А. Мятликова // Микробиологический журнал. – 1989. – № 2. Т. 51. – С. 18-21.
6. Аристовская, Т.В. Микробиология процессов почвообразования / Т.В. Аристовская. – Л.: Наука, 1980. – 187 с.
7. Арустамов, Э.А. Экологические основы природопользования: учебник / Э.А. Арустамов, И.В. Левакова, Н.В. Баркалова. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2008. – 320 с.
8. Асадулаев, З.И. Фитоиндикационная оценка основных показателей морфолого-анатомических признаков побегов *Platanus orientalis* L. в условиях города Махачкалы / З.И. Асадулаев, З.Р. Рамазанова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – № 1(9). Т.14. – С. 2170-2173.

9. Атлас земель Самарской области / под ред. Л.Н. Порошиной, Л.Н. Михалиной. – Самара, 2002.
10. Баранова, М.Н. Географическое краеведение Самарской области / под ред. М.Н. Барановой. – Самара: Издательство Самарского государственного педагогического университета, 2009. – 106 с.
11. Баранова, М.Н. Геоэкологические проблемы при карьерной добыче минерального сырья для производства строительных материалов / М.Н. Баранова, Н.Г. Чумаченко, В.В. Тюрников // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2014. – № 1(14). – С. 80-85.
12. Безсинная, Н.И. Биоморфологическая структура флоры песчаных карьеров Ивановской области / Н.И. Безсинная // Экологический сборник 5: Труды молодых ученых Поволжья. – Тольятти, 2015. – С. 27-30.
13. Березин, Л.В. Лесное почвоведение / Л.В. Березин, Л.О. Карпачевский. – Омск: Издательство Омского государственного аграрного университета, 2009. – 360 с.
14. Березуцкий, М.А. Антропогенная трансформация флоры и растительности / М.А. Березуцкий, А.С. Кашин. – Саратов: Наука, 2008. – 100 с.
15. Бузыкин, А.И. Анализ структуры древесных ценозов / А.И. Бузыкин, В.Л. Гавриков, О.П. Секрктенко, Р.Г. Хлебопрос. – Новосибирск: Наука, 1985. – 94 с.
16. Важнова, Н.А. Современные изменения климатических показателей температурно-влажностного режима в Приволжском федеральном округе: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук: 25.00.03 / Н.А. Важнова. – Казань, 2013. – 23 с.
17. Вальков, В.Ф. Почвообразование на известняках и мергелях / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, М.А. Кутровский. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2007. – 198 с.
18. Вальтер, Г. Общая геоботаника / Г. Вальтер. – М.: Мир, 1982. – 264 с.

19. Васильев, А.Г. Феногенетический мониторинг импактных популяций растений и животных в условиях антропогенного пресса / А.Г. Васильев, И.А. Васильева // Научные ведомости ВолГУ. – 2009. – № 3(58). – С. 5-12.

20. Виноградова, Ю.К. «Черная книга» флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России / Ю.К. Виноградова, С.Р. Майоров, Л.В. Хорун . – М.: ГЕОС, 2009. – 494 с.

21. Воронкова, Н.М. Биологические особенности растений на начальных этапах зарастания рыхлых материалов вулканических извержений / Н.М. Воронкова, В.П. Верхолат, А.Б. Холина // Известия ран. Серия биологическая. – 2011. – № 3. – С. 289-294.

22. Вохмин, С.А. К вопросу снижения экологической нагрузки при добыче нерудного строительного сырья [Электронный ресурс] / С.А. Вохмин, Г.С. Курчин, Е.В. Зайцева, А.К. Кирсанов – Электронные текстовые данные. – режим доступа: <http://www.sworld.com.ua/konfer26/243.pdf> (дата обращения 18.09.2015)

23. Вронский, В.А. Прикладная экология / В.А. Вронский. – Ростов-на-Дону: Феникс, 1996. – 512 с.

24. Гавриков, Д.Е. Асимметрия билатеральных признаков позвоночных животных / Д.Е. Гавриков // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2007. – № 2(54). – С. 26-28.

25. Гелашвили, Д.Б. Структурные и биоиндикационные аспекты флуктуирующей асимметрии билатерально-симметричных организмов / Д.Б. Гелашвили, Е.В. Чупрунов, Д.И. Иудин // Журнал общей биологии. – 2004. – № 5. Т. 65. – С. 433-441.

26. Геннадиев, А.Н. Почвы и время: модели развития / А.Н. Геннадиев. – М.: Издательство Московского государственного университета, 1990. – 232 с.

27. Глазовская, М.А. Геохимические функции микроорганизмов / М.А. Глазовская, Н.Г. Добровольская. – М.: Издательство Московского государственного университета, 1984. – 152 с.

28. Голеусов, П. В. Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи / П. В. Голеусов, Ф.Н. Лисецкий. – М.: ГЕОС, 2009. – 210 с.

29. Голеусов, П.В. Воспроизводство почвенно-растительного покрова в посттехногенных геосистемах КМА и перспективы их ренатурирования / П.В. Голеусов, Ф.Н. Лисецкий // Горный журнал. – 2014. – № 8. – С. 69-73.

30. Головлева, Н. М. Усть-Сокский карьер: эстетический, научно-познавательный и природоохранный аспекты / Н. М. Головлева, А. А. Головлёв, Н.В. Прохорова // Заповедное дело России: принципы, проблемы, приоритеты: Материалы международной научной конференции – Жигулевск, 2003. – С. 159-162.

31. Голуб, В.Б. Характеристика каменистых степей Жигулевских гор (По материалам исследований Л.М. Черепнина) / В.Б. Голуб, С.В. Саксонов, Е.А. Ужамецкая // Самарская Лука. – . – № 6-95. – С. 73-96.

32. Горшков, С.П. Экзодинамические процессы освоенных территорий/ С.П. Горшков. – М.: Недра, 1982. – 286 с.

33. Горшков, С.П. Концептуальные основы геоэкологии / С.П. Горшков. – Смоленск: Издательство Смоленского государственного университета, 1998. – 288 с.

34. ГОСТ 17.5.1.01-83. Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 17.5.1.01-78; Введен с 01.07.1984. – Москва: Издательство стандартов, 1983. – 15 с.

35. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2010 год. Выпуск 21 / Т.Н. Сафронова, А.П. Ардаков, Ю.С. Астахов и др. – Самара, 2011. – 336 с.

36. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2011 год. Выпуск 22 / Т.Н. Сафронова, А.П. Ардаков, И.В. Бардинова и др. – Самара, 2012. – 343 с.

37. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2012 год. Выпуск 23 / Т.Н. Сафронова, А.П. Ардаков, И.В. Бардинова и др. – Самара, 2013. – 397 с.

38. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2013 год. Выпуск 24 / Т.Н. Сафронова, А.П. Ардаков, И.В. Бардинова и др. – Самара, 2014. – 283 с.

39. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2014 год. Выпуск 25 / Т.Н. Сафронова, А.П. Ардаков, И.В. Бардинова и др. – Самара, 2015. – 298 с.

40. Грейг-Смит, П. Количественная экология растений / П. Грейг-Смит. – М.: Мир, 1967. – 360 с.

41. Гуртяк, А.А. Оценка состояния среды городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора / А.А. Гуртяк, А.А. Углев // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – № 1. Т. 317. – С. 200-204.

42. Гуртяк, А.А. Экологическая оценка урбанизированных территорий с применением коэффициента флуктуирующей асимметрии: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук: 39481 / А.А. Гуртяк. – Тюмень, 2013. – 17 с.

43. Даддингтон, К. Эволюционная ботаника / К. Даддингтон. – М.: Мир, 1972. – 328 с.

44. Дербенцева, А.М. Рекультивация деградированных и восстановление разрушенных почв / А.М. Дербенцева, Л.Т. Крупская, А.И. Степанова. – Владивосток: Издательство Дальневосточного университета, 2006. – 70 с.

45. Добровольская, Т.Г. Структура бактериальных сообществ почв / Т.Г. Добровольская. – М.: Академкнига, 2002. – 282 с.

46. Добровольская, Т.Г. Роль микроорганизмов в экологических функциях почв / Т.Г. Добровольская, Д.Г. Звягинцев, И.Ю. Чернов // Почвоведение. – 2015. – № 9. – С. 1087-1096.

47. Добровольский, Г.В. Экологические функции почвы / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: Издательство Московского государственного университета, 1986. – 136 с.

48. Добровольский, Г.В. Роль почвы в формировании и сохранении биологического разнообразия / Г.В. Добровольский, И.Ю. Чернов, А.А. Бобров и др. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 273 с.

49. Дурынина, Е.П. Агрохимический анализ почв, растений, удобрений / Е.П. Дурынина, В.С. Егоров. – М.: Издательство Московского государственного университета, 1998. – 113 с.

50. Ергина, Е.И. Особенности рецентного почвообразования в Крыму / Е.И. Ергина // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – 2009. – № 2. Т. 22 (61). – С. 27-32.

51. Жилов, Ю.Д. Справочник по медицине труда и экологии / Ю.Д. Жилов, Г.И. Куценко. – М.: Высшая школа, 1995. – 175 с.

52. Жиров, В.К. Структурно-функциональные изменения растительности в условиях техногенного загрязнения на Крайнем Севере / В.К. Жиров, Е.И. Голубева, А.Ф. Говорова, А.Х. Хаитбеков. – М.: Наука, 2007. – 166 с.

53. Захаров, В.М. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов, А.В. Валецкий, Н.Г. Кряжева, Е.К. Чистякова, А.Т. Чубинишвили. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.

54. Звягинцев, Д.Г. Взаимодействие микроорганизмов с твердыми поверхностями / Д.Г. Звягинцев. – М.: Издательство Московского государственного университета, 1973. – 176 с.

55. Зональные типы биомов России Антропогенные нарушения и естественные процессы восстановления экологического потенциала

ландшафтов / под редакцией профессора К.М. Петрова. – Издательство Санкт-Петербургского государственного университета, 2003. – 246 с.

56. Зорина, А.А. Методы статистического анализа флуктуирующей асимметрии / А.А. Зорина // Принципы экологии. – 2012. – № 3. Т. 1. – С. 24-47.

57. Иванов, И.В. Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв / И.В. Иванов, В.Н. Кудеяров. – М.: ГЕОС, 2015. – 925 с.

58. Иванов, И.П. Инженерно-геологическая типизация карьерных полей, подлежащих рекультивации / И.П. Иванов, Г.Б. Поспехов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 5. – С. 76-82.

59. Иванова, А.В. Таксономическая характеристика флоры Самарской Луки / А.В. Иванова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. – № 1. Т. 12. – С. 31-41.

60. Иванова, Н.А. Особенности поглощения и миграции тяжелых металлов в органах растений в условиях Среднего Приобья / Н.А. Иванова, Н.А. Шарф // Вестник Нижневартковского государственного университета. – 2011. – № 2. – С. 14-16.

61. Исаенко, О.В. Эколого-географический анализ процесса ренатурализации ландшафтов крымского предгорья (в связи с использованием территории под застройку) / О.В. Исаенко // Строительство и техногенная безопасность. – 2013. – Вып. 46. – С. 80-85.

62. Кавеленова, Л.М. Лабораторные работы большого спецпрактикума / Л.М. Кавеленова. – Самара: Издательство "Самарский университет", 2001. – С. 16-19.

63. Кавеленова, Л.М. Итоги интродукции древесных растений в лесостепи Среднего Поволжья / Л.М. Кавеленова, С.А. Розно. – Самара: Издательство "Самарский университет", 2007. – 228 с.

64. Кавеленова, Л. М. Сохранение фиторазнообразия как составная часть стратегии устойчивого развития Самарской области / Л. М. Кавеленова,

Н. В. Прохорова, А. А. Головлёв, С. А. Розно // Поволжский экологический журнал. – 2014. – № 1. – С. 12-20.

65. Колобов, Н.В. К вопросу о центрах действия атмосферы / Н.В. Колобов // Атмосферно-циркуляционные процессы и метеорологические условия в Среднем Поволжье. – Казань: Издательство Казанского университета, 1972. – С. 3-15.

66. Копылова, Л.В. Оценка уровня загрязнения почв тяжёлыми металлами и интенсивность поглощения их древесными растениями / Л.В. Копылова // Ученые записки ЗабГГПУ. – 2012. – № 1(42). – С. 70-75.

67. Костина, Н.В. Применение индексов сходства и различия для районирования территорий на основе локальных флор / Н.В. Костина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – № 3(7). Т. 15. – С. 2160-2168.

68. Красная книга Самарской области. В 2 т. Т. 1. Редкие виды растений, лишайников и грибов – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2007. – 372 с.

69. Курчин, Г.С. Проблемы экологии при добыче нерудных строительных материалов в России [Электронный ресурс]/ Г.С. Курчин, Е.П. Волков, Е.В. Зайцева, А.К. Кирсанов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10500> (дата обращения: 29.05.2015)

70. Лисецкий, Ф.Н. Экологические аспекты воспроизводства почвенно-растительного покрова в нарушенных горнодобывающей промышленностью ландшафтах [Электронный ресурс] / Ф.Н. Лисецкий, П.В. Голеусов, Н.С. Кухарук, О.А. Чепелев: Исследовано в России – Электронный журнал – 2005. – режим доступа: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/217.pdf> (дата обращения 28.07.2015)

71. Логинов, О.Н. Бактерии *Pseudomonas* и *Azotobacter* как объекты сельскохозяйственной биотехнологии / О.Н. Логинов. – М.: Наука, 2005. – 166 с.

72. Лотош, В.Е. Экология природопользования / В.Е. Лотош. – Екатеринбург: Издательство УрГУПС, 2007. – 554 с.

73. Лящев, А.А. Определение флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* R. как метод оценки уровня техногенного загрязнения / А.А. Лящев, А.А. Гуртяк // Земледелие и растениеводство. – 2013. – № 3. – С. 75-80.

74. Майдебура, И.С. Влияние загрязнения воздушного бассейна города калининграда на анатомо-морфологические и биохимические показатели весных растений: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук: 03.00.16 / И.С. Майдебура. – Калининград, 2006. – 19 с.

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

76. Макарова, Ю.В. Материалы к конспекту адвентивной флоры западной части Сокольных гор / Ю.В. Макарова, А.А. Головлёв, Н.В. Прохорова // Вестник СамГУ — Естественнонаучная серия. – 2013а. – № 9/1(110). – С. 163-176.

77. Макарова, Ю.В. Материалы к флоре западной части Сокольных гор (Самарская область) / Ю.В. Макарова, Н.В. Прохорова, А.А. Головлёв // Фиторазнообразии Восточной Европы. – 2013б. – VII: 1. – С. 228-46.

78. Максимова, Е.Ю. Особенности почвообразования на карбонатных субстратах в посттехногенных экосистемах северной тайги и лесостепи / Е.Ю. Максимова, Е.В. Абакумов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – № 5. Т. 13. – С. 42-47.

79. Матвеев, Н.М. Биоэкологический анализ флоры и растительности (на примере лесостепной и степной зоны) / Н.М. Матвеев. – Самара: Издательство "Самарский университет", 2006. – 311 с.

80. Матвеев, Н.М. Основы степного лесоведения профессора А.Л. Бельгарда и их современная интерпретация / Н.М. Матвеев. – Самара: Издательство «Самарский университет», 2012. – 128 с.

81. Махонина Г.И., Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала / Махонина Г.И. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2003. – 356 с.

82. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под редакцией Д.Г. Звягинцева. – М.: Издательство Московского государственного университета, 1991. – 304 с.

83. Милановский, Е.В. Очерк геологии Среднего и Нижнего Поволжья / Е.В. Милановский. – М.: Научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы, 1940. – 305 с.

84. Минеев, В.Г. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. – М.: Издательство Московского государственного университета, 1989. – 304 с.

85. Миронычева-Токарева, Н.П. Сукцессии растительности и динамика растительного вещества при зарастании отвалов лесостепной зоны юга средней Сибири: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук: 03.00.05 / Н.П. Миронычева-Токарева. – Томск, 1996. – 21 с.

86. Мишустин, Е.Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов / Е.Н. Мишустин. – М.: Наука, 1975. – 105 с.

87. Морозова, Н.А. Эколого-биогеохимические особенности промышленных и рекреационных зон г. Самары: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук: 39481 / Н.А. Морозова. – Тольятти, 2011. – 18 с.

88. Моторина, Л.В. Промышленность и рекультивация земель / Л.В. Моторина, В.А. Овчинников. – М.: Мысль, 1975. – 240 с.

89. Мотузова, Г.В. Экологический мониторинг почв / Г.В. Мотузова, О.С. Безуглова. – М.: Гаудеамус, 2007. – 237 с.

90. Мухоморов, В.К. Динамика минеральных элементов в растениях / В.К. Мухоморов, Л.М. Аникина. – СПб.: Lambert Academic Publishing, 2012. – 255 с.

91. Немерешина, О.Н. Анатомо-морфологические параметры льнянки обыкновенной техногенной зоны / О.Н. Немерешина, Н.Ф. Гусев, Г.В. Петрова // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 9(2). – С. 52-55.

92. Никитенко, Н.А. Видовая специфика поглощения тяжелых металлов (Cu, Zn, Mn и Fe) древесными растениями Камбарки Удмуртской Республики / Н.А. Никитенко // Вестник ИжГТУ. – 2007. – № 2. – С. 158-159.

93. Овчинникова, Т.А. Методы экологии почвенных микроорганизмов / Т.А. Овчинникова, Т.А. Панкратов. – Самара: Издательство "Самарский университет", 2009. – 62 с.

94. Одум, Ю. Экология. В 2-х томах / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986. – 704 с.

95. Онипченко, В.Г. Функциональная фитоценология. Синэкология растений / В.Г. Онипченко. – М.: КРАСАНД, 2014. – 576 с.

96. Опекунова, М.Г. Диагностика техногенной трансформации ландшафтов на основе биоиндикации: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук: 25.00.23 / М.Г. Опекунова. – СПб., 2013. – 36 с.

97. Паутов, А.А. Морфология и анатомия вегетативных органов растений / А.А. Паутов. – СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2012. – 336 с.

98. Певзнер, М.Е. Экология горного производства / М.Е. Певзнер, В.П. Костовецкий. – М.: Недра, 1990. – 235 с.

99. Переведенцев, Ю.П. Изменения климата Приволжского федерального округа в последние десятилетия и их взаимосвязь с геофизическими факторами / Ю.П. Переведенцев, К.М. Шанталинский, Н.А. Важнова, Э.П. Наумов, А.В. Шумихина // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. – 2012. – № 6-4 – С. 122-135.

100. Петров, К.М. Геоэкология: основы природопользования / К.М. Петров. – СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета, 1994. – 216 с.

101. Плаксина, Т.И. Конспект флоры Волго-Уральского региона / Т.И. Плаксина. – Самара: Издательство "Самарский университет", 2001. – 388 с.

102. Платонов, А.П. Основы общей и инженерной экологии / А.П. Платонов, В.А. Платонов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. – 352 с.

103. Полянская, Л.М. Микробная сукцессия в почве: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук: 03.00.27, 03.00.07 / Л.М. Полянская. – Москва, 1996. – 96 с.

104. Прохорова, Н.В. Территориальные особенности распределения тяжелых металлов в почвах Самарской области / Н.В. Прохорова, Н.М. Матвеев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2000. – № 2. Т. 2. – С. 306-310.

105. Прохорова, Н.В. Перспективы использования гистохимических методов в биогеохимии тяжелых металлов / Н.В. Прохорова, Ю.В. Аксютин, А.Н. Козлов, И.В. Коротков, И.А. Бакланов // Международная школа «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды». – Новороссийск, 2003. – С. 217-223.

106. Прохорова, Н.В. К оценке фоновой геохимической структуры ландшафтов лесостепного и степного Поволжья / Н.В. Прохорова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2005. – № 1. Т.7. – С. 169-178.

107. Прохорова, Н.В. Эколого-биогеохимические особенности субстрата и растений в Усть-Сокском карьере / Н.В. Прохорова, А.А. Головлёв, Ю.В. Макарова, П.А. Артюгин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – № 1(4). Т. 13.. – С. 878-881.

108. Процессы почвообразования и эволюция почв / ответственные редакторы В.О. Таргульян, А.А. Величко. – М.: Наука, 1985. – 249 с.
109. Рамазанова, З.Р. Адаптивные структурно-функциональные особенности побегов древесных растений в условиях г. Махачкалы: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук: 03.02.08 / З.Р. Рамазанова. – Махачкала, 2012. – 23 с.
110. Раменский, Л.Г. Избранные работы: проблемы и методы изучения растительного покрова / Л.Г. Раменский. – Л.: Наука, 1971. – 334 с.
111. Рассеянные элементы в бореальных лесах / ответственный редактор А.С. Исаев. – М.: Наука, 2004. – 616 с.
112. Розенберг, Г.С. Голубая книга Самарской области: Редкие и охраняемые гидробиоценозы / под ред. чл.-корр. РАН Г.С. Розенберга и д.б.н. С.В. Саксонова. – Самара: СамНЦ РАН, 2007. – 200 с.
113. Розенберг, Г.С. Особенности пресноводных экосистем малых рек Волжского бассейна / Под ред. Г.С. Розенберга, Т.Д. Зинченко. – Тольятти: Кассандра, 2011. – 322 с.
114. Савинцева, Л.С. Экологический анализ адаптивных механизмов растений в урбанизированной среде: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук: 03.02.08 / Л.С. Савинцева. – Киров, 2015. – 18 с.
115. Саксонов, С.В. Сосудистые растения Могутовой горы (Жигулевская возвышенность, Самарская область) / С.В. Саксонов, С.А. Сенатор, Н.С. Раков, В.М. Васюков // Фиторазнообразии Восточной Европы VII. – 2013. – № 1. – С. 47-68.
116. Саксонов, С.В. Путеводитель по Самарской флоре (1851–2011). Т. 1. Флора Волжского бассейна / С.В. Саксонов, С.А. Сенатор. – Тольятти: Кассандра, 2012. – 511 с.
117. Серебряков, И.Г. Жизненные формы высших растений и их изучение / И.Г. Серебряков // Полевая геоботаника. – 1964. – № Т. 3. – С. 146-205.

118. Серебрякова, Т.И. Учение о жизненных формах растений на современном этапе / Т.И. Серебрякова // Итоги науки и техники. Серия: Ботаника. – 1972. – № Т. 1. – С. 84-169.

119. Серегин, А.П. Коэффициенты сходства в сравнении локальных флор (на примере сеточного картирования флоры национального парка «Мещера», Владимирская область) / А.П. Серегин // Материалы Московского центра РГО. Биогеография. – 2003. – № 11. – С. 39-48.

120. Серегин, И.В. Гистохимические методы изучения распределения кадмия и свинца в растениях / И.В. Серегин, В.Б. Иванов // Физиология растений. – 1997. – № 6. Т. 44. – С. 915-916.

121. Серегин, И.В. Распределение тяжелых металлов в растениях и их действие на рост: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук: 03.00.12 / И.В. Серегин. – М., 2009. – 53 с.

122. Сидякина, Л.В. Особо охраняемые растения горы Могутова (Самарская область) / Л.В. Сидякина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – № 3(7). Т. 15. – С. 2133-2138.

123. Славиковская, Ю.О. Эколого-экономическая оценка способов разработки рудных месторождений в условиях перехода к устойчивому развитию / Ю.О. Славиковская // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 11. – С. 122-124.

124. Словарь ботанических терминов / под общ. ред. И.А. Дудки. – Киев: Наукова думка, 1964. – 308 с.

125. Соколов, И.А. Почвообразование и экзогенез / И.А. Соколов, В.С. Егоров. – М.: Издательство Почвенного института им. Докучаева, 1997. – 239 с.

126. Солдатова, В.Ю. Показатели флуктуирующей асимметрии *Betula platyphylla* Sukacz. в условиях антропогенного воздействия (на примере г. Якутска) / В.Ю. Солдатова, Е.Г. Шадрин // Экологический мониторинг. – 2007. – № 5. – С. 70-74.

127. Сумина, О.И. Формирование растительности на техногенных местообитаниях Крайнего Севера России: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук: 03.02.01 / О.И. Сумина. – СПб., 2011. – 46 с.

128. Сумина, О.И. Заращение карьеров как натурная модель формирования растительного покрова расчлененного ландшафта / О.И. Сумина // XIII съезд Русского ботанического общества. Геоботаника – Тольятти, 2013. – С. 320-322.

129. Тажетдинова, Н.С. Геоэкологическая оценка воздействия на окружающую среду при добыче нерудных строительных материалов на территории Астраханской области: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук: 25.00.36 / Н.С. Тажетдинова. – Астрахань, 2012. – 24 с.

130. Тарбаева, В.М. Экологическая анатомия растений / В.М. Тарбаева, А.К. Тимонин, Г.А. Воробейков. – Сыктывкар: ИПО СГУ, 1999. – 78 с.

131. Тимонин, Д.К. Большой практикум по экологической анатомии покрытосеменных растений / Д.К. Тимонин, А.А. Нотов. – Тверь: Издательство Тверского государственного университета, 1993. – С. 107-104.

132. Титлянова, А.А. Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности / А.А. Титлянова, Н.И. Базилевич, В.А. Снытко и др. – Новосибирск: Наука, 1988. – 134 с.

133. Титлянова, А.А. Режимы биологического круговорота / А.А. Титлянова, М.Н. Тесаржова. – Новосибирск: Наука, 1991. – 150 с.

134. Титлянова, А.А. Сукцессии и биологический круговорот / А.А. Титлянова, Н.А. Афанасьев, Н.Б. Наумова и др. – Новосибирск: Наука, 1993. – 157 с.

135. Титлянова, А.А. Сукцессии и биотический круговорот / А.А. Титлянова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2009. – № 1(7). Т. 11. – С. 1596-1604.

136. Тихомиров, В.Н. Геоботаника / В.Н. Тихомиров. – Минск: Издательство Белорусского государственного университета, 2006. – 188 с.

137. Тишков, А.А. Проблемы формирования адвентивной флоры староосвоенных регионов России. // Адвентивная флора Воронежской области / А.А. Тишков. – Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета, 2004. – С. 5-12.

138. Томаков, П.И. Становление и развитие московской школы горняков-открытчиков / П.И. Томаков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2000. – № 9. – С. 215-221.

139. Томаков, П.И. Экология и охрана природы при открытых горных работах / П.И. Томаков, В.С. Коваленко, А.М. Михайлов, А.Т. Калашников. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 1994. – 418 с.

140. Торохова, О.Н. Оценка пригодности пород промышленных отвалов Донбасса для произрастания растений / О.Н. Торохова, И.В. Агурова // Промышленная ботаника. – 2008. – Вып. 8. – С. 12-16.

141. Третьякова, А.С. Синантропная флора Среднего Урала / А.С. Третьякова, Мухин В.А. – Екатеринбург: Екатеринбург, 2001. – 148 с.

142. Трофимов, С.С. Гумусообразование в техногенных экосистемах / С.С. Трофимов, С.С. Трофимов, Н.Н. Наллекова, Е.Р. Ковдрашин. – Новосибирск: Наука, 1986. – 166 с.

143. Уиттекер, Р. Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. – М.: Прогресс, 1980. – 327 с.

144. Умаров, М.М. Ассоциативная азотфиксация / М.М. Умаров. – М.: Издательство Московского университета, 1986. – 136 с.

145. Умаров, М.М. Микробиологическая трансформация азота в почве / М.М. Умаров, А.В. Кураков, А.Л. Степанов. – М.: ГЕОС, 2007. – 138 с.

146. Фёдоров, А.А. Полезные ископаемые Самарской области. Твёрдые неметаллические. Подземные воды. Углеводороды / А.А. Фёдоров,

Н.Л. Ерофеева, С.П. Папухин, Н.Н. Пригода, А.С. Соколов, Е.Я. Суровиков. – Самара: Издательский дом Агни, 2008. – 168 с.

147. Физико-географическое районирование Среднего Поволжья / под ред. Ступишина. – Казань: Издательство Казанского университета, 1964. – 197 с.

148. Филимонова, Е.И. Опыт применения микробиологических препаратов при создании посевов на малопригодных глинистых субстратах / Е.И. Филимонова, Н.В. Лукина, М.А. Глазырина, Т.С. Чибрик // Вестник Башкирского университета. – 2014. – № 3. Т. 19. – С. 862-866.

149. Хасаев, Г.Р. Экономический потенциал недр Самарской области / Г.Р. Хасаев, Н.Н. Пригода. – Самара: Издательство Самарского государственного экономического университета, 2012. – 196 с.

150. Хватова, В.Н. Воздействие промышленных выбросов на структурно-функциональную организацию однолетних побегов представителей семейства Salicaceae L.: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук: 03.00.16 / В.Н. Хватова. – Воронеж, 2001. – 24 с.

151. Хохряков, В.С. Проектирование карьеров / В.С. Хохряков. – М.: Недра, 1992. – 383 с.

152. Хохряков, В.С. Оценка эффективности проектов открытых горных разработок / В.С. Хохряков. – Екатеринбург: Издательство Уральской государственной горно-геологической академии, 1996. – 180 с.

153. Хузина, Г.Р. Характеристика флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков листа липы мелколистной (*Tilia cordata* L.) / Г.Р. Хузина // Вестник Удмуртского университета. – 2011. – Вып. 3. – С. 47-52.

154. Чап, Т.Ф. Некоторые аспекты растительности техногенных субстратов Средневолжского биосферного резервата / Т.Ф. Чап // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. Серия "Экология". – 2011. – Вып. 12. – С. 95-99.

155. Черепанов, С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С.К. Черепанов. – СПб.: Мир и семья-95, 1995. – 992 с.

156. Черепнин, Л.М. Растительность каменистой степи Жигулевских гор. Систематический перечень видов флоры / Л.М. Черепнин, С.В. Саксонов // Восточноевропейский ботанический вестник. – 2007. – № 2. – С. 181-227.

157. Черных, Н.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 5. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами / Н.А. Черных, Н.З. Милащенко, В.Ф. Ладонин. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. – 148 с.

158. Чибрик, Т.С. Биологическая рекультивация нарушенных промышленностью земель / Т.С. Чибрик, Г.И. Батулин. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2003. – 36 с.

159. Чибрик, Т.С. Формирование фитоценозов на нарушенных промышленностью землях: (биологическая рекультивация) / Т.С. Чибрик, Ю.А. Елькин. – Свердловск: Издательство Уральского университета, 1991. – 220 с.

160. Швер, Ц.А. Климат Куйбышева / под ред. д-ра геогр. наук Ц.А. Швер. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 224 с.

161. Шицкова, А.П. Методы исследования качества воды водоемов / А.П. Шицкова, Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина. – М.: Медицина, 1990. – 400 с.

162. Щерба, В.А. Освоение минеральных ресурсов России: проблемы комплексного использования и охраны окружающей среды / В.А. Щерба // Вестник МГГУ им. М.А. Шолохова. Социально-экологические технологии. – 2012. – № 2. Т. 2. – С. 30-40.

163. Экологическая энциклопедия: в 6 т. Т. 1 / авт.-сост. К.С. Лосев, гл. ред. В.И. Данилов-Данильян. – М.: Энциклопедия, 2008. – 416 с.

164. Яшин, И.М. Методология и опыт изучения миграции веществ / И.М. Яшин, Л.Л. Шишов, В.А. Раскатов. – М.: Издательство МСХА, 2001. – 173 с.
165. Bardgett, R.D. The biology of soil / R.D. Bardgett. – Oxford: Oxford University Press, 2005. – 242 p.
166. Barton, L.L. Microbial ecology / L.L. Barton, D.E. Northup. – Hoboken: Wiley-Blackwell, 2012. – 448 p.
167. Berg, B. Plant Litter. Decomposition, humus formation, carbon sequestration / B. Berg, C. McClaugherty. – Springer, 2008. – 338 p.
168. Bluvshstein, N. Evaluating the impact of a limestone quarry on suspended and accumulated dust / N. Bluvshstein, Y. Mahrera, A. Sandlerc, G. Rytwo // *Atmospheric Environment*. – 2011. – № 45. – P. 1732-1739.
169. Bohn, H.L. Soil chemistry / H.L. Bohn, B.L. McNEAL, G.A. O'Connor. – Toronto: John Wiley & Sons, 2001. – 307 p.
170. Bruemmer, G.W. Heavy metal species, mobility and availability in soils / G.W. Bruemmer, J. Gerth, U. Herms // *Z. Pflanzenernaehr. Bodenk.* – 1986. – № 149. – P. 382-398.
171. Camberato, J.J. Nitrogen in soil and fertilizer / J.J. Camberato // *Turfgrass Foundation News*. – 2001. – № 1. Vol. 8. – P. 6-10.
172. Connel, J.H. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization / J.H. Connel, R.O. Slatyer // *American Naturalist*. – 1977. – № 982. Vol. 3. – P. 1119—1144.
173. Cowart, N.M. Within- and among-individual variation in fluctuating asymmetry of Leaves in the fig (*figus carica l.*) / N.M. Cowart, J.H. Graham // *Int. J. Plant Sci.* – 1999. – № 1. V.160. – P. 116-121.
174. Davis, B.N.K. Ecology of quarries. The importance of natural vegetation / B.N.K. Davis, J.G. Hodgson, C. E. Ranson, J. P. Doody et al. – Swindon: NERC/SERC Reprographic Service, 1982. – 77 p.

175. Dube, A. Adsorption and migration of heavy metals in soil / A. Dube, R. Zbytniewski, T. Kowalkowski, E. Cukrowska, B. Buszewski // Polish Journal of Environmental Studies. – 2001. – № 1. Vol. 10. – P. 1-10.

176. Ehrlich, H.L. Geomicrobiology / H.L. Ehrlich. – New York: Marcel Dekker, 2002. – 748 p.

177. Freeman, D.C. Developmental stability in plants: symmetries, stress and epigenesis / D.C. Freeman, J.H. Graham, J.M. Emlen // Developmental instability: its origin and evolutionary implications. – 1994. – P. 99-122.

178. Gutterige, P. A record of the Brigantian limestone succession in the partly infilled Dale Quarry, Wirksworth / P. Gutterige // Mercian Geologist. – 2003. – № 4. Vol. 15. – P. 219-224.

179. Khater, C. Application of restoration ecology principles to the practice of limestone quarry rehabilitation in Lebanon / C. Khater, M. Arnaud // Lebanese Science Journal. – 2007. – № 1. Vol. 8. – P. 19-28.

180. Lajus, D.L. Developmental instability and the stochastic component of total phenotypic variance. Polak M(ed) Developmental instability: causes and consequences. / D.L. Lajus, J.H. Graham, A.V. Kozhara – Oxford University Press, 2003. – P. 343-363.

181. Rattan, L. Carbon sequestration in urban ecosystems / L. Rattan, A. Bruce. – New York: Springer, 2012. – 385 p.

182. Pansu, M. Handbook of Soil Analysis / M. Pansu, J. Gautheyrou. – Verlag: Springer, 2006. – 993 p.

183. Raunkiaer, C. The life forms of plants and statistical plant geography. Being the collected papers of C. Raunkiaer / C. Raunkiaer. – Oxford, 1934. – 47 p.

184. Resulović, H. Properties of technogenous substrates and assessment of their suitability for recultivation – technosol development projection / H. Resulović, H. Čustović // Agriculturae Conspectus Scientificus. – 2011. – № 1. Vol. 76. – P. 81-86.

185. Roberts, A. Plant Anatomy / A. Roberts. – Ames: Iowa State University Press, 2002. – 192 p.

186. Satyanarayana, T. Microorganisms in environmental management / T. Satyanarayana, A. Prakash, B. N. Johri. – New York: Springer, 2012. – 819 p.

187. Swaddle, J.P. The analysis of fluctuating asymmetry / J.P. Swaddle, M.S. Witter, I.S. Cuthill // *Animal behaviour*. – 1994. – № 48. – P. 986-989.

188. Tropek, R. Spontaneous succession in limestone quarries as an effective restoration tool for endangered arthropods and plants / R. Tropek, T. Kadlec, P. Karesova, L. Spitzer // *Journal of Applied Ecology*. – 2010. – № 47. – P. 139-147.

189. Van Valen, L. A study of fluctuating asymmetry / L. Van Valen // *Evolution*. – 1962. – № 2. Vol. 16. – P. 152-145.

190. Violante, A. Biophysico-chemical processes of heavy metals and metalloids in soil environments / A. Violante, P.M. Huang, G. M. Gadd. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2008. – 658 p.

191. Violante, A. Mobility and bioavailability of heavy metals and metalloids in soil environments / A. Violante, V. Cozzolino, L. Perelomov, A.G. Caporale, M. Pigna // *Journal of soil science and plant nutrition*. – 2010. – № 10(3). – P. 268-292.

192. Vitousek, P.M. Human alteration of the global nitrogen cycle: causes and consequences / P.M. Vitousek, J. Aber, R. W. Howarth et al. // *Issues in Ecology*. – 1997. – № 1. – P. 2-15.

193. [http:// gr5.ru/Архив_погоды_в_Самаре](http://gr5.ru/Архив_погоды_в_Самаре) [Электронный ресурс] (дата обращения: 12.04.2015).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.....	175
Приложение 2.....	176
Приложение 3.....	182
Приложение 4.....	189
Приложение 5.....	192
Приложение 6.....	196
Приложение 7.....	199
Приложение 8.....	202
Приложение 9.....	205
Приложение 10.....	208
Приложение 11.....	211
Приложение 12.....	214
Приложение 13.....	215
Приложение 14.....	216
Приложение 15.....	217
Приложение 16.....	218
Приложение 17.....	220
Приложение 18.....	221
Приложение 19.....	223
Приложение 20.....	224

Экологический профиль через территорию Сокольных гор



Сравнение показателей почвогрунтов по критерию Манна-Уитни

Примечание: Различие достоверно при $U \leq 1$ для $p \leq 0,05$

1. Сравнение содержания в исследуемых почвогрунтах $C_{орг}$

№	Контроль	Ранг 1	Восток	Ранг 2
1	3,629	6	1,867	4
2	3,750	7	0,484	2
3	3,195	5	0,3123	1
4	3,812	8	0,61	3
Суммы:		26		10

Результат:

$U_{Эмп} = 0$

№	Контроль	Ранг 1	Запад	Ранг 2
1	3,629	6	0,25	1
2	3,75	7	1,667	4
3	3,195	5	1,22	3
4	3,8123	8	0,75	2
Суммы:		26		10

Результат:

$U_{Эмп} = 0$

№	Контроль	Ранг 1	Центр	Ранг 2
1	3,629	6	0,833	4
2	3,750	7	0,645	3
3	3,195	5	0,338	1
4	3,812	8	0,594	2
Суммы:		26		10

Результат:

$U_{Эмп} = 0$

№	Запад	Ранг 1	Центр	Ранг 2
1	0,25	1	0,833	6
2	1,667	8	0,645	4
3	1,22	7	0,338	2
4	0,75	5	0,594	3
Суммы:		21		15

Результат:

$U_{Эмп} = 5$

№	Восток	Ранг 1	Запад	Ранг 2
1	1,867	8	0,25	1
2	0,484	3	1,667	7
3	0,3123	2	1,22	6
4	0,61	4	0,75	5
Суммы:		17		19

Результат:

$U_{\text{эмп}} = 7$

№	Восток	Ранг 1	Центр	Ранг 2
1	1,867	8	0,833	7
2	0,484	3	0,645	6
3	0,3123	1	0,338	2
4	0,61	5	0,594	4
Суммы:		17		19

Результат:

$U_{\text{эмп}} = 7$

2. Сравнение содержания в исследуемых почвогрунтах NH_4^+

№	Контроль	Ранг 1	Восток	Ранг 2
1	17,796	7	4,571	4
2	18,580	8	3,746	2
3	7,156	5	0,739	1
4	13,394	6	4,199	3
Суммы:		26		10

Результат:

$U_{\text{эмп}} = 0$

№	Контроль	Ранг 1	Запад	Ранг 2
1	17,796	7	1,689	1
2	18,580	8	6,129	4
3	7,156	5	3,305	2
4	13,394	6	5,143	3
Суммы:		26		10

Результат:

$U_{\text{эмп}} = 0$

№	Контроль	Ранг 1	Центр	Ранг 2
1	17,796	7	4,199	3
2	18,580	8	6,638	4
3	7,156	5	3,305	2
4	13,394	6	1,506	1
Суммы:		26		10

Результат:
 $U_{эмп} = 0$

№	Восток	Ранг 1	Запад	Ранг 2
1	4,571	6	1,689	2
2	3,746	4	6,129	8
3	0,739	1	3,305	3
4	4,199	5	5,143	7
Суммы:		16		20

Результат:
 $U_{эмп} = 6$

№	Восток	Ранг 1	Центр	Ранг 2
1	4,571	7	4,199	5,5
2	3,746	4	6,638	8
3	0,739	1	3,305	3
4	4,199	5,5	1,506	2
Суммы:		17,5		18,5

Результат:
 $U_{эмп} = 7,5$

№	Запад	Ранг 1	Центр	Ранг 2
1	1,689	2	4,199	5
2	6,129	7	6,638	8
3	3,305	3,5	3,305	3,5
4	5,143	6	1,506	1
Суммы:		18,5		17,5

Результат:
 $U_{эмп} = 7,5$

3. Сравнение содержания в исследуемых почвогрунтах NO₂⁻

№	Контроль	Ранг 1	Восток	Ранг 2
1	1,9997	5	0,66	2
2	6,918	7	0,737	3
3	6,96	8	0,358	1
4	3,624	6	0,868	4
Суммы:		26		10

Результат:
 $U_{Эмп} = 0$

№	Контроль	Ранг 1	Запад	Ранг 2
1	1,9997	5	0,358	2
2	6,918	7	1,275	4
3	6,96	8	0,285	1
4	3,624	6	0,608	3
Суммы:		26		10

Результат:
 $U_{Эмп} = 0$

№	Контроль	Ранг 1	Центр	Ранг 2
1	1,9997	4	0,608	2
2	6,918	7	2,462	5
3	6,96	8	0	1
4	3,624	6	0,672	3
Суммы:		25		11

Результат:
 $U_{Эмп} = 1$

№	Восток	Ранг 1	Запад	Ранг 2
1	0,66	5	0,358	2,5
2	0,737	6	1,275	8
3	0,358	2,5	0,285	1
4	0,868	7	0,608	4
Суммы:		20,5		15,5

Результат:
 $U_{Эмп} = 5,5$

№	Восток	Ранг 1	Центр	Ранг 2
1	0,66	4	0,608	3
2	0,737	6	2,462	8
3	0,358	2	0	1
4	0,868	7	0,672	5
Суммы:		19		17

Результат:
 $U_{Эмп} = 7$

№	Запад	Ранг 1	Восток	Ранг 2
1	0,358	3	0,66	4,5
2	1,275	7	0,737	8
3	0,285	2	0,358	1
4	0,608	4,5	0,868	6
Суммы:		16,5		19,5

Результат:
 $U_{Эмп} = 6,5$

3. Сравнение содержания в исследуемых почвогрунтах NO_3^-

№	Контроль	Ранг 1	Восток	Ранг 2
1	65,339	6	62,067	5
2	69,507	7	50,965	3
3	101,078	8	37,296	1
4	60,236	4	40,219	2
Суммы:		25		11

Результат:
 $U_{Эмп} = 1$

№	Контроль	Ранг 1	Запад	Ранг 2
1	65,339	6	40,219	2,5
2	69,507	7	40,219	2,5
3	101,078	8	53,659	4
4	60,236	5	19,268	1
Суммы:		26		10

Результат:
 $U_{Эмп} = 0$

№	Контроль	Ранг 1	Центр	Ранг 2
1	65,339	5	28,539	1
2	69,507	6,5	69,507	6,5
3	101,078	8	40,22	2,5
4	60,236	4	40,22	2,5
Суммы:		23,5		12,5

Результат:
U_{Эмп} = 2,5

№	Восток	Ранг 1	Центр	Ранг 2
1	62,067	7	28,539	1
2	50,965	6	69,507	8
3	37,296	2	40,22	4
4	40,219	4	40,22	4
Суммы:		19		17

Результат:
U_{Эмп} = 7

№	Восток	Ранг 1	Запад	Ранг 2
1	62,067	8	40,219	4
2	50,965	6	40,219	4
3	37,296	2	53,659	7
4	40,219	4	19,268	1
Суммы:		20		16

Результат:
U_{Эмп} = 6

№	Запад	Ранг 1	Центр	Ранг 2
1	40,219	4,5	28,539	2
2	40,219	4,5	69,507	8
3	53,659	7	40,22	4,5
4	19,268	1	40,22	4,5
Суммы:		17		19

Результат:
U_{Эмп} = 7

Список видов флоры Усть-Сокского карьера

Отдел 1. POLYPODIOPHYTA – ПАПОРОТНИКООБРАЗНЫЕ

Класс 1. POLYPODIOPSIDA – МНОГОНОЖКОВИДНЫЕ

Сем. DRYOPTERIDACEAE Herter, nom. cons. – ЩИТОВНИКОВЫЕ

1. *Dryopteris carthusiana* (Vill.) Н.Р. Fuchs – **щитовник шартрский**.

Отдел 2. EQUISETOPHYTA – ХВОЩЕОБРАЗНЫЕ

Класс 2. EQUISETOPSIDA – ХВОЩЕВИДНЫЕ

Сем. EQUISETACEAE Michx. ex DC. – ХВОЩОВЫЕ

2. *Hippochaete hyemalis* (L.) Bruhin (*Equisetum hyemale* L.) – **хвощовник зимующий**.
3. *H. ramosissima* (Desf.) Boern. (*Equisetum ramosissimum* Desf.) – **х. ветвистый**.

Отдел 3. PINOPHYTA – СОСНОВЫЕ

Класс 3. PINOPSIDA – ХВОЙНЫЕ

Сем. PINACEAE Spreng. ex F. Rudolphi – СОСНОВЫЕ

4. *Pinus sylvestris* L. – **сосна обыкновенная**.

Отдел 4. MAGNOLIOPHYTA – ЦВЕТКОВЫЕ

Класс 4. LILIOPSIDA – ЛИЛИОПСИДЫ

Сем. TYPHACEAE Juss. – РОГОЗОВЫЕ

5. *Typha latifolia* L. – **рогоз широколистный**.

Сем. POACEAE Barnhart – МЯТЛИКОВЫЕ

6. *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth – **вейник наземный**.
7. *C. glomerata* Boiss. et Buhse [*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth subsp. *glomerata* (Boiss. et Buhse) Tzvel.] – **в. сжатый**.
8. *Elytrigia repens* (L.) Nevski – **пырей ползучий**.
9. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. – **тростник южный**

10. *Poa compressa* L. – мятлик сплюснутый.
 11. *Stipa lessingiana* Trin. et Rupr. – ковыль Лессинга.

Сем. JUNCACEAE Juss. – СИТНИКОВЫЕ

12. *Juncus compressus* Jacq. – ситник сплюснутый.

Сем. CONVALLARIACEAE Horan. – ЛАНДЫШЕВЫЕ

13. *Convallaria majalis* L. – ландыш майский.

Сем. ORCHIDACEAE Juss. – ОРХИДНЫЕ

14. *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess. – дремлик темно-красный.
 15. *E. helleborine* (L.) Crantz – д. лесной.
 16. *E. palustris* (L.) Crantz – д. болотный.

Класс MAGNOLIOPSIDA – МАГНОЛИОПСИДЫ

Сем SALICACEAE Juss. – ИВОВЫЕ

17. ® *Populus alba* L. – тополь белый.
 18. *P. nigra* L. – т. черный.
 19. *P. tremula* L. – т. дрожащий.
 20. *Salix acutifolia* Willd. – ива остролистная.
 21. *S. caprea* L. – и. козья.
 22. *S. cinerea* L. – и. пепельная.
 23. *S. pentandra* L. – и. пятитычинковая.
 24. *S. viminalis* L. – и. корзиночная.

Сем. *Betulaceae* S.F. Gray – Березовые

25. *Betula pendula* Roth – береза поникающая.

Сем. ULMACEAE Mirb. – ВЯЗОВЫЕ

26. *Ulmus glabra* Huds. – вяз шершавый.
 27. *U. pumila* L. – в. мелколистный.

Сем. POLYGONACEAE Juss. – ГРЕЧИХОВЫЕ

28. *Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve – гречишка вьюнковая.

29. *Polygonum aviculare* L. – спорыш птичий.
 30. *Rumex confertus* Willd. – щавель скученный.

Сем. CHENOPODIACEAE Vent. – МАРЕВЫЕ

31. *Blitum virgatum* L. (*Chenopodium foliosum* Aschers.) – жминда прутьевидная.

Сем. CARYOPHYLLACEAE Juss. – ГВОЗДИКОВЫЕ

32. *Gypsophila altissima* L. – качим высокий.

Сем. PAPAVERACEAE Juss. – МАКОВЫЕ

33. *Chelidonium majus* L. – чистотел большой.

Сем. BRASSICACEAE Burnett – КАПУСТОВЫЕ

34. *Alliaria petiolata* (Bieb.) Cavara et Grande – чесночница черешчатая.
 35. *Berteroa incana* (L.) DC. – икотник серо-зеленый.
 36. *Erysimum hieracifolium* L. – желтушник ястребинколистый.
 37. *Thlaspi arvense* L. – ярутка полевая.

Сем. GROSSULARIACEAE DC. – КРЫЖОВНИКОВЫЕ

38. *Ribes aureum* Pursh – смородина золотистая.
 39. *R. nigrum* L. – с. черная.
 40. *R. uva-crispa* L. – крыжовник обыкновенный.

Сем. ROSACEAE Adans. – РОЗОВЫЕ

41. *Armeniaca vulgaris* Lam. – абрикос обыкновенный.
 42. *Cerasus fruticosa* Pall. – вишня кустарниковая.
 43. *Crataegus volgensis* Pojark. – боярышник волжский.
 44. *Fragaria viridis* Duch. – земляника зеленая.
 45. *Malus domestica* Borkh. – яблоня домашняя.
 46. *M. sylvestris* Mill. – я. лесная.
 47. *Padus avium* Mill. – черемуха обыкновенная.
 48. *Potentilla anserina* L. – лапчатка гусиная.
 49. *Prunus cerasifera* Ehrh. (*P. divaricata* Ledeb.) – слива вишненосная.
 50. *Rosa majalis* Herrm. – шиповник майский.
 51. *Rubus caesius* L. – ежевика сизая.
 52. *R. saxatilis* L. – костяника обыкновенная.
 53. *Sorbus aucuparia* L. – рябина обыкновенная.

Сем. FABACEAE Lindl. – БОБОВЫЕ

54. *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wołoszcz.) Klásková – ракитник русский.
55. *Chrysaspis aurea* (Poll.) Greene – златошитник золотистый.
56. *Lathyrus vernus* (L.) Bernh. – чина весенняя.
57. *Medicago falcata* L. – люцерна серповидная.
58. *M. lupulina* L. – л. хмелевидная.
59. *Melilotus albus* Medik. – донник белый.
60. *Robinia pseudoacacia* L. – робиния обыкновенная.
61. *Securigera varia* (L.) Lassen [*Coronilla varia* (L.) Lassen] – вязель разноцветный.
62. *Trifolium fragiferum* L. [*Amoria fragifera* (L.) Roskov] – клевер земляничный.
63. *T. medium* L. – к. средний.
64. *T. pratense* L. – к. луговой.
65. *T. repens* L. [*Amoria repens* (L.) C. Presl] – к. ползучий.
66. *Vicia sylvatica* L. – горошек лесной.

Сем. EUPHORBIACEAE Juss. – МОЛОЧАЙНЫЕ

67. *Euphorbia virgata* Waldst. et Kit. – молочай лозный.

Сем. CELASTRACEAE R. Br. – БЕРЕСКЛЕТОВЫЕ

68. *Euonymus verrucosa* Scop. – бересклет бородавчатый.

Сем. ACERACEAE Juss. – КЛЁНОВЫЕ

69. *Acer negundo* L. – клен американский.
70. *A. platanoides* L. – к. платановидный.

Сем. VITACEAE Juss. – ВИНОГРАДОВЫЕ

71. *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. – девичий виноград пятилисточковый.

Сем. TILIACEAE Juss. – ЛИПОВЫЕ

72. *Tilia cordata* Mill. – липа сердцелистная.

Сем. HYPERICACEAE Juss. – ЗВЕРОБОЕВЫЕ

73. *Hypericum perforatum* L. – зверобой продырявленный.

Сем. ELAEAGNACEAE Juss. – ЛОХОВЫЕ

74. *Elaeagnus angustifolia* L. – лох узколистный.

Сем. LYTHRACEAE J. St.-Hil. – ДЕРБЕННИКОВЫЕ

75. *Lythrum salicaria* L. – дербенник иволистный.

Сем. ONAGRACEAE Juss. – КИПРЕЙНЫЕ

76. *Chamerion angustifolium* (L.) Holub [*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.] – иван-чай узколистный.

77. *Oenothera biennis* L. – ослинник двулетний.

Сем. PYROLACEAE Dumort. – ГРУШАНКОВЫЕ

78. ® *Pyrola rotundifolia* L. – грушанка круглолистная.

Сем. OLEACEAE Hoffm. et Link – МАСЛИНОВЫЕ

79. *Fraxinus excelsior* L. – ясень обыкновенный.

80. *F. lanceolata* Borkh. – я. ланцетный.

Сем. GENTIANACEAE Juss. – ГОРЕЧАВКОВЫЕ

81. ! *Centaureum pulchellum* (Sw.) Druce – золототысячник красивый.

Сем. BORAGINACEAE Juss. – БУРАЧНИКОВЫЕ

82. *Echium vulgare* L. – синяк обыкновенный.

Сем. LAMIACEAE Lindl. – ЯСНОТКОВЫЕ

83. *Acinos arvensis* (Lam.) Dandy – душивка полевая.

84. *Origanum vulgare* L. – душица обыкновенная.

Сем. SCROPHULARIACEAE Juss. – НОРИЧНИКОВЫЕ

85. *Euphrasia pectinata* Ten. (*E. tatarica* Fisch. ex Spreng.) – очанка гребенчатая.

86. *Melampyrum argyrocotum* (Fisch. ex Ledeb.) K.-Pol. – марьянник серебристоприцветниковый.
 87. *M. arvense* L. – м. полевой.
 88. *M. cristatum* L. – м. гребенчатый.
 89. *Verbascum lychnitis* L. – коровяк мучнистый.
 90. *V. thapsus* L. – к. обыкновенный.

Сем. PLANTAGINACEAE Juss. – ПОДОРОЖНИКОВЫЕ

91. *Plantago major* L. – подорожник большой.

Сем. RUBIACEAE Juss. – МАРЕНОВЫЕ

92. *Galium verum* L. – подмаренник настоящий.

Сем. VIBURNACEAE Rafin. – КАЛИНОВЫЕ

93. *Viburnum opulus* L. – калина обыкновенная.

Сем. CAPRIFOLIACEAE Juss. – ЖИМОЛОСТНЫЕ

94. *Lonicera xylosteum* L. – жимолость обыкновенная.
 95. *Symphoricarpos rivularis* Suskd. (L.) S.F. Blake – снежнягодник приречный.

Сем. DIPSACACEAE Juss. – ВОРСЯНКОВЫЕ

96. *Scabiosa ochroleuca* L. – скабиоза бледно-желтая.

Сем. CAMPANULACEAE Juss. – КОЛОКОЛЬЧИКОВЫЕ

97. *Campanula sibirica* L. – колокольчик сибирский.

Сем. ASTERACEAE Dumort. – АСТРОВЫЕ

98. *Achillea millefolium* L. – тысячелистник обыкновенный.
 99. *A. nobilis* L. – т. благородный.
 100. *Antennaria dioica* (L.) Gaertn. – кошачья лапка двудомная.
 101. *Artemisia absinthium* L. – полынь горькая.
 102. *A. campestris* L. – п. полевая.
 103. *A. marschalliana* Spreng. – п. Маршалла.
 104. *A. vulgaris* L. – п. обыкновенная.
 105. *Centaurea pseudomaculosa* Dobroc. – василек ложнопятнистый.
 106. *Cichorium intybus* L. – цикорий обыкновенный.

107. *Conyza canadensis* (L.) Cronq. (*Erigeron canadensis* L.) – мелколепестничек канадский.
108. *Hieracium virosium* Pall. – ястребинка ядовитая.
109. *Inula germanica* L. – девясил германский.
110. *I. salicina* L. – д. иволистный.
111. *Jurinea ledebourii* Bunge – наголоватка Ледебура.
112. *Lactuca tatarica* (L.) С.А. Mey. (*Mulgedium tataricum* DC.) – латук татарский.
113. *Leucanthemum vulgare* Lam. – нивяник обыкновенный.
114. *Pilosella officinarum* F. Schultz et Sch. Bip. (*Hieracium pilosella* L.) – ястребиночка обыкновенная.
115. *P.* х *rothiana* (Wallr.) F. Schultz et Sch. Bip. (*Hieracium* х *rothianum* Wallr.) – я. Рота.
116. *Rudbeckia hirta* L. – рудбекия жестковолосистая.
117. *Senecio jacobaea* L. – крестовник Якова.
118. *Tanacetum vulgare* L. – пижма обыкновенная.
119. *Taraxacum officinale* Wigg. – одуванчик лекарственный.
120. *Tragopogon dubius* Scop. – козлобородник сомнительный.
121. *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. [*T. perforatum* (Mérat) M. Lainz] – трёхрёберник непахучий (трёхрёберник продырявленный).
122. *Tussilago farfara* L. – мать-и-мачеха обыкновенная.

Классификация жизненных форм растений Усть-Сокского карьера
По К. Раункиеру (Raunkiaer, 1934)

Гемикриптофиты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) Н.Р. Fuchs 2. <i>Poa compressa</i> L. 3. <i>Stipa lessingiana</i> Trin. et Rupr. 4. <i>Rumex confertus</i> Willd. 5. <i>Gypsophila altissima</i> L. 6. <i>Chelidonium majus</i> L. 7. <i>Alliaria petiolata</i> (Bieb.) Cavara et Grande 8. <i>Fragaria viridis</i> Duch. 9. <i>Potentilla anserina</i> L. 10. <i>Medicago falcata</i> L. 11. <i>Melilotus albus</i> Medik. 12. <i>Securigera varia</i> (L.) Lassen 13. <i>Trifolium fragiferum</i> L. 14. <i>Trifolium medium</i> L. 15. <i>Trifolium pratense</i> L. 16. <i>Vicia sylvatica</i> L. 17. <i>Euphorbia virgata</i> Waldst. et Kit. 18. <i>Hypericum perforatum</i> L. 19. <i>Lythrum salicaria</i> L. 20. <i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub 21. <i>Oenothera biennis</i> L. 22. <i>Origanum vulgare</i> L. 23. <i>Verbascum lychnitis</i> L. 24. <i>Verbascum thapsus</i> L. 25. <i>Plantago major</i> L. 26. <i>Galium verum</i> L. 27. <i>Scabiosa ochroleuca</i> L. 28. <i>Campanula sibirica</i> L. 29. <i>Achillea millefolium</i> L. 30. <i>Achillea nobilis</i> L. 31. <i>Artemisia vulgaris</i> L. 32. <i>Centaurea pseudomaculosa</i> Dobrocz. 33. <i>Cichorium intybus</i> L. 34. <i>Hieracium virosus</i> Pall. 35. <i>Inula germanica</i> L. 36. <i>Inula salicina</i> L. 37. <i>Jurinea ledebourii</i> Bunge 38. <i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A. Mey. 39. <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam. 40. <i>Pilosella officinarum</i> F. Schultz et Sch. Bip.
----------------	---

	41. <i>Pilosella x rothiana</i> (Wallr.) F. Schultz et Sch. Bip. 42. <i>Senecio jacobaea</i> L. 43. <i>Tanacetum vulgare</i> L. 44. <i>Taraxacum officinale</i> Wigg. 45. <i>Tragopogon dubius</i> Scop. 46. <i>Berteroa incana</i> (L.) DC. 47. <i>Echium vulgare</i> L.
Фанерофиты	1. <i>Pinus sylvestris</i> L. 2. <i>Populus alba</i> L. 3. <i>Populus nigra</i> L. 4. <i>Populus tremula</i> L. 5. <i>Salix acutifolia</i> Willd. 6. <i>Salix caprea</i> L. 7. <i>Salix cinerea</i> L. 8. <i>Salix pentandra</i> L. 9. <i>Salix viminalis</i> L. 10. <i>Betula pendula</i> Roth 11. <i>Ulmus glabra</i> Huds. 12. <i>Ulmus pumila</i> L. 13. <i>Ribes aureum</i> Pursh 14. <i>Ribes nigrum</i> L. 15. <i>Ribes uva-crispa</i> L. 16. <i>Armeniaca vulgaris</i> Lam. 17. <i>Cerasus fruticosa</i> Pall. 18. <i>Crataegus volgensis</i> Pojark. 19. <i>Malus domestica</i> Borkh. 20. <i>Malus sylvestris</i> Mill. 21. <i>Padus avium</i> Mill. 22. <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. 23. <i>Rosa majalis</i> Herrm. 24. <i>Sorbus aucuparia</i> L. 25. <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> (Fisch. ex Wołoszcz.) Klásková 26. <i>Robinia pseudoacacia</i> L. 27. <i>Euonymus verrucosa</i> Scop. 28. <i>Acer negundo</i> L. 29. <i>Acer platanoides</i> L. 30. <i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch. 31. <i>Tilia cordata</i> Mill. 32. <i>Elaeagnus angustifolia</i> L. 33. <i>Fraxinus excelsior</i> L. 34. <i>Viburnum opulus</i> L. 35. <i>Lonicera xylosteum</i> L. 36. <i>Symphoricarpos rivularis</i> Suskd. (L.) S.F. Blake

	37. <i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.
Криптофиты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Hippochaete ramosissima</i> (Desf.) Boern. 2. <i>Typha latifolia</i> L. 3. <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth 4. <i>Calamagrostis glomerata</i> Boiss. et Buhse 5. <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski 6. <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud 7. <i>Juncus compressus</i> Jacq. 8. <i>Convallaria majalis</i> L. 9. <i>Epipactis atrorubens</i> (Hoffm. ex Bernh.) Bess. 10. <i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz 11. <i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz 12. <i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh. 13. <i>Tussilago farfara</i> L.
Терофиты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve 2. <i>Polygonum aviculare</i> L. 3. <i>Thlaspi arvense</i> L. 4. <i>Chrysaspis aurea</i> (Poll.) Greene 5. <i>Acinos arvensis</i> (Lam.) Dandy 6. <i>Euphrasia pectinata</i> Ten. 7. <i>Melampyrum argyrocomum</i> (Fisch. ex Ledeb.) K.-Pol. 8. <i>Melampyrum arvense</i> L. 9. <i>Melampyrum cristatum</i> L. 10. <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq. 11. <i>Blitum virgatum</i> L.
Хамефиты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Hippochaete hyemalis</i> (L.) Bruhin 2. <i>Rubus caesius</i> L. 3. <i>Rubus saxatilis</i> L. 4. <i>Trifolium repens</i> L. 5. <i>Pyrola rotundifolia</i> L. 6. <i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn. 7. <i>Artemisia absinthium</i> L. 8. <i>Artemisia campestris</i> L. 9. <i>Artemisia marschalliana</i> Spreng.
Терофиты или гемикриптофиты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Medicago lupulina</i> L. 2. <i>Centaureum pulchellum</i> (Sw.) Druce 3. <i>Erysimum hieracifolium</i> L. 4. <i>Rudbeckia hirta</i> L. 5. <i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip.

Классификация жизненных форм растений Усть-Сокского карьера
по Серебрякову (1974)

Деревья	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Pinus sylvestris</i> L. 2. <i>Populus alba</i> L. 3. <i>Populus nigra</i> L. 4. <i>Populus tremula</i> L. 5. <i>Betula pendula</i> Roth 6. <i>Ulmus glabra</i> Huds. 7. <i>Ulmus pumila</i> L. 8. <i>Malus domestica</i> Borkh. 9. <i>Robinia pseudoacacia</i> L. 10. <i>Acer negundo</i> L. 11. <i>Acer platanoides</i> L. 12. <i>Tilia cordata</i> Mill. 13. <i>Fraxinus excelsior</i> L. 14. <i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.
Кустарники или деревья	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Salix acutifolia</i> Willd. 2. <i>Salix caprea</i> L. 3. <i>Salix pentandra</i> L. 4. <i>Salix viminalis</i> L. 5. <i>Armeniaca vulgaris</i> Lam. 6. <i>Crataegus volgensis</i> Pojark. 7. <i>Malus sylvestris</i> Mill. 8. <i>Padus avium</i> Mill. 9. <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. 10. <i>Sorbus aucuparia</i> L. 11. <i>Elaeagnus angustifolia</i> L.
Кустарники	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Salix cinerea</i> L. 2. <i>Ribes aureum</i> Pursh 3. <i>Ribes nigrum</i> L. 4. <i>Ribes uva-crispa</i> L. 5. <i>Cerasus fruticosa</i> Pall. 6. <i>Rosa majalis</i> Herrm. 7. <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> (Fisch. ex Wołoszcz.) Klásková 8. <i>Euonymus verrucosa</i> Scop. 9. <i>Viburnum opulus</i> L. 10. <i>Lonicera xylosteum</i> L. 11. <i>Symphoricarpos rivularis</i> Suskd. (L.) S.F. Blake

Полукустарники и полукустарнички		1. <i>Rubus caesius</i> L. 2. <i>Rubus saxatilis</i> L.
Лианы		1. <i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.
Однолетники	стержне-корневые	1. <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve 2. <i>Polygonum aviculare</i> L. 3. <i>Thlaspi arvense</i> L. 4. <i>Chrysaspis aurea</i> (Poll.) Greene 5. <i>Acinos arvensis</i> (Lam.) Dandy 6. <i>Euphrasia pectinata</i> Ten. 7. <i>Melampyrum argyrocomum</i> (Fisch. ex Ledeb.) K.-Pol. 8. <i>Melampyrum arvense</i> L. 9. <i>Melampyrum cristatum</i> L. 10. <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq. 11. <i>Blitum virgatum</i> L.
Однолетники или двулетники	стержне-корневые	1. <i>Medicago lupulina</i> L. 2. <i>Centaureum pulchellum</i> (Sw.) Druce 3. <i>Rudbeckia hirta</i> L. 4. <i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip. 5. <i>Erysimum hieracifolium</i> L.
Двулетники	стержне-корневые	1. <i>Alliaria petiolata</i> (Bieb.) Cavara et Grande 2. <i>Melilotus albus</i> Medik. 3. <i>Oenothera biennis</i> L. 4. <i>Verbascum thapsus</i> L. 5. <i>Centaurea pseudomaculosa</i> Dobrocz. 6. <i>Tragopogon dubius</i> Scop. 7. <i>Berteroa incana</i> (L.) DC.
Многолетники	стержне-корневые	1. <i>Gypsophila altissima</i> L. 2. <i>Chelidonium majus</i> L. 3. <i>Potentilla anserina</i> L. 4. <i>Medicago falcata</i> L. 5. <i>Trifolium fragiferum</i> L. 6. <i>Vicia sylvatica</i> L. 7. <i>Scabiosa ochroleuca</i> L. 8. <i>Campanula sibirica</i> L. 9. <i>Artemisia absinthium</i> L. 10. <i>Artemisia campestris</i> L. 11. <i>Cichorium intybus</i> L. 12. <i>Jurinea ledebourii</i> Bunge 13. <i>Taraxacum officinale</i> Wigg. 14. <i>Trifolium pratense</i> L. 15. <i>Echium vulgare</i> L.

	16. <i>Verbascum lychnitis</i> L.
кисте- корневые	1. <i>Plantago major</i> L.
коротко- корневищные	1. <i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs 2. <i>Epipactis atrorubens</i> (Hoffm. ex Bernh.) Bess. 3. <i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz 4. <i>Rumex confertus</i> Willd. 5. <i>Fragaria viridis</i> Duch. 6. <i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh. 7. <i>Trifolium repens</i> L. 8. <i>Lythrum salicaria</i> L. 9. <i>Achillea nobilis</i> L. 10. <i>Artemisia vulgaris</i> L. 11. <i>Hieracium virosus</i> Pall. 12. <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam. 13. <i>Pilosella officinarum</i> F. Schultz et Sch. Bip. 14. <i>Pilosella x rothiana</i> (Wallr.) F. Schultz et Sch. Bip. 15. <i>Tanacetum vulgare</i> L. 16. <i>Hypericum perforatum</i> L. 17. <i>Senecio jacobaea</i> L.
длинно- корневищные	1. <i>Hippochaete hyemalis</i> (L.) Bruhin 2. <i>Hippochaete ramosissima</i> (Desf.) Boern. 3. <i>Typha latifolia</i> L. 4. <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth 5. <i>Calamagrostis glomerata</i> Boiss. et Buhse 6. <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski 7. <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud 8. <i>Poa compressa</i> L. 9. <i>Convallaria majalis</i> L. 10. <i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz 11. <i>Securigera varia</i> (L.) Lassen 12. <i>Trifolium medium</i> L. 13. <i>Pyrola rotundifolia</i> L. 14. <i>Origanum vulgare</i> L. 15. <i>Galium verum</i> L. 16. <i>Achillea millefolium</i> L. 17. <i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn. 18. <i>Artemisia marschalliana</i> Spreng.

		19. <i>Inula germanica</i> L. 20. <i>Inula salicina</i> L. 21. <i>Tussilago farfara</i> L. 22. <i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub
	дерновинные	1. <i>Juncus compressus</i> Jacq. 2. <i>Stipa lessingiana</i> Trin. et Rupr.
	корне-отпрысковые	1. <i>Euphorbia virgata</i> Waldst. et Kit. 2. <i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A. Mey.

Классификация растений Усть-Сокского карьера
по способу опыления

Энтомофилы	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Convallaria majalis</i> L. 2. <i>Epipactis atrorubens</i> (Hoffm. ex Bernh.) Bess. 3. <i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz 4. <i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz 5. <i>Salix acutifolia</i> Willd. 6. <i>Salix caprea</i> L. 7. <i>Salix cinerea</i> L. 8. <i>Salix pentandra</i> L. 9. <i>Salix viminalis</i> L. 10. <i>Gypsophila altissima</i> L. 11. <i>Chelidonium majus</i> L. 12. <i>Alliaria petiolata</i> (Bieb.) Cavara et Grande 13. <i>Thlaspi arvense</i> L. 14. <i>Erysimum hieracifolium</i> L. 15. <i>Ribes aureum</i> Pursh 16. <i>Ribes nigrum</i> L. 17. <i>Ribes uva-crispa</i> L. 18. <i>Armeniaca vulgaris</i> Lam. 19. <i>Cerasus fruticosa</i> Pall. 20. <i>Crataegus volgensis</i> Pojark. 21. <i>Fragaria viridis</i> Duch. 22. <i>Malus domestica</i> Borkh. 23. <i>Malus sylvestris</i> Mill. 24. <i>Padus avium</i> Mill. 25. <i>Potentilla anserina</i> L. 26. <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. 27. <i>Rosa majalis</i> Herrm. 28. <i>Rubus caesius</i> L. 29. <i>Rubus saxatilis</i> L. 30. <i>Sorbus aucuparia</i> L. 31. <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> (Fisch. ex Wołoszcz.) Klásková 32. <i>Chrysaspis aurea</i> (Poll.) Greene 33. <i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh. 34. <i>Medicago falcata</i> L. 35. <i>Medicago lupulina</i> L. 36. <i>Melilotus albus</i> Medik. 37. <i>Robinia pseudoacacia</i> L. 38. <i>Securigera varia</i> (L.) Lassen
------------	---

39. *Trifolium fragiferum* L.
40. *Trifolium medium* L.
41. *Trifolium pratense* L.
42. *Trifolium repens* L.
43. *Vicia sylvatica* L.
44. *Euphorbia virgata* Waldst. et Kit.
45. *Euonymus verrucosa* Scop.
46. *Acer negundo* L.
47. *Acer platanoides* L.
48. *Tilia cordata* Mill.
49. *Hypericum perforatum* L.
50. *Elaeagnus angustifolia* L.
51. *Lythrum salicaria* L.
52. *Chamerion angustifolium* (L.) Holub
53. *Oenothera biennis* L.
54. *Pyrola rotundifolia* L.
55. *Centaureum pulchellum* (Sw.) Druce
56. *Acinos arvensis* (Lam.) Dandy
57. *Origanum vulgare* L.
58. *Euphrasia pectinata* Ten.
59. *Melampyrum argyrocomum* (Fisch. ex Ledeb.) K.-Pol.
60. *Melampyrum arvense* L.
61. *Melampyrum cristatum* L.
62. *Verbascum lychnitis* L.
63. *Verbascum thapsus* L.
64. *Plantago major* L.
65. *Galium verum* L.
66. *Viburnum opulus* L.
67. *Lonicera xylosteum* L.
68. *Symphoricarpos rivularis* Suskd. (L.) S.F. Blake
69. *Scabiosa ochroleuca* L.
70. *Campanula sibirica* L.
71. *Achillea millefolium* L.
72. *Achillea nobilis* L.
73. *Antennaria dioica* (L.) Gaertn.
74. *Centaurea pseudomaculosa* Dobrocz.
75. *Cichorium intybus* L.
76. *Conyza canadensis* (L.) Cronq.
77. *Hieracium virosum* Pall.
78. *Inula germanica* L.
79. *Inula salicina* L.
80. *Jurinea ledebourii* Bunge
81. *Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey.
82. *Leucanthemum vulgare* Lam.

	83. <i>Pilosella officinarum</i> F. Schultz et Sch. Bip. 84. <i>Pilosella x rothiana</i> (Wallr.) F. Schultz et Sch. Bip. 85. <i>Rudbeckia hirta</i> L. 86. <i>Senecio jacobaea</i> L. 87. <i>Tanacetum vulgare</i> L. 88. <i>Taraxacum officinale</i> Wigg. 89. <i>Tragopogon dubius</i> Scop. 90. <i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip. 91. <i>Tussilago farfara</i> L. 92. <i>Berteroa incana</i> (L.) DC. 93. <i>Echium vulgare</i> L. 94. <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve
Анемофилы	1. <i>Pinus sylvestris</i> L. 2. <i>Typha latifolia</i> L. 3. <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth 4. <i>Calamagrostis glomerata</i> Boiss. et Buhse 5. <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski 6. <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud 7. <i>Poa compressa</i> L. 8. <i>Stipa lessingiana</i> Trin. et Rupr. 9. <i>Juncus compressus</i> Jacq. 10. <i>Populus alba</i> L. 11. <i>Populus nigra</i> L. 12. <i>Populus tremula</i> L. 13. <i>Betula pendula</i> Roth 14. <i>Ulmus glabra</i> Huds. 15. <i>Ulmus pumila</i> L. 16. <i>Rumex confertus</i> Willd. 17. <i>Fraxinus excelsior</i> L. 18. <i>Artemisia absinthium</i> L. 19. <i>Artemisia campestris</i> L. 20. <i>Artemisia marschalliana</i> Spreng. 21. <i>Artemisia vulgaris</i> L. 22. <i>Blitum virgatum</i> L. 23. <i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.
Самоопылители	1. <i>Polygonum aviculare</i> L. 2. <i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.
Споровые	1. <i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs 2. <i>Hippochaete hyemalis</i> (L.) Bruhin 3. <i>Hippochaete ramosissima</i> (Desf.) Boern.

Классификация растений Усть-Сокского карьера
по способу распространения семян

Баллисты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Rumex confertus</i> Willd. 2. <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> (Fisch. ex Wołoszcz.) Klásková 3. <i>Medicago falcata</i> L. 4. <i>Medicago lupulina</i> L. 5. <i>Robinia pseudoacacia</i> L. 6. <i>Securigera varia</i> (L.) Lassen 7. <i>Centaurium pulchellum</i> (Sw.) Druce 8. <i>Acinos arvensis</i> (Lam.) Dandy 9. <i>Origanum vulgare</i> L. 10. <i>Euphrasia pectinata</i> Ten. 11. <i>Verbascum lychnitis</i> L. 12. <i>Verbascum thapsus</i> L. 13. <i>Plantago major</i> L. 14. <i>Scabiosa ochroleuca</i> L. 15. <i>Achillea millefolium</i> L. 16. <i>Achillea nobilis</i> L. 17. <i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn. 18. <i>Artemisia absinthium</i> L. 19. <i>Artemisia campestris</i> L. 20. <i>Artemisia marschalliana</i> Spreng. 21. <i>Artemisia vulgaris</i> L. 22. <i>Tanacetum vulgare</i> L.
Барохоры	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Poa compressa</i> L. 2. <i>Alliaria petiolata</i> (Bieb.) Cavara et Grande 3. <i>Thlaspi arvense</i> L. 4. <i>Blitum virgatum</i> L. 5. <i>Berteroa incana</i> (L.) DC. 6. <i>Gypsophila altissima</i> L.
Анемохоры	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs 2. <i>Hippochaete hyemalis</i> (L.) Bruhin 3. <i>Hippochaete ramosissima</i> (Desf.) Boern. 4. <i>Pinus sylvestris</i> L. 5. <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth 6. <i>Calamagrostis glomerata</i> Boiss. et Buhse 7. <i>Stipa lessingiana</i> Trin. et Rupr. 8. <i>Populus alba</i> L. 9. <i>Populus nigra</i> L. 10. <i>Populus tremula</i> L.

	<ol style="list-style-type: none"> 11. <i>Salix acutifolia</i> Willd. 12. <i>Salix caprea</i> L. 13. <i>Salix cinerea</i> L. 14. <i>Salix pentandra</i> L. 15. <i>Salix viminalis</i> L. 16. <i>Betula pendula</i> Roth 17. <i>Ulmus glabra</i> Huds. 18. <i>Acer negundo</i> L. 19. <i>Acer platanoides</i> L. 20. <i>Tilia cordata</i> Mill. 21. <i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub 22. <i>Pyrola rotundifolia</i> L. 23. <i>Fraxinus excelsior</i> L. 24. <i>Campanula sibirica</i> L. 25. <i>Centaurea pseudomaculosa</i> Dobrocz. 26. <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq. 27. <i>Hieracium virosum</i> Pall. 28. <i>Inula germanica</i> L. 29. <i>Inula salicina</i> L. 30. <i>Jurinea ledebourii</i> Bunge 31. <i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A. Mey. 32. <i>Pilosella officinarum</i> F. Schultz et Sch. Bip. 33. <i>Pilosella x rothiana</i> (Wallr.) F. Schultz et Sch. Bip. 34. <i>Rudbeckia hirta</i> L. 35. <i>Taraxacum officinale</i> Wigg. 36. <i>Tragopogon dubius</i> Scop. 37. <i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.
Зоохоры	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Convallaria majalis</i> L. 2. <i>Ribes aureum</i> Pursh 3. <i>Ribes nigrum</i> L. 4. <i>Ribes uva-crispa</i> L. 5. <i>Cerasus fruticosa</i> Pall. 6. <i>Crataegus volgensis</i> Pojark. 7. <i>Fragaria viridis</i> Duch. 8. <i>Malus sylvestris</i> Mill. 9. <i>Padus avium</i> Mill. 10. <i>Rosa majalis</i> Herrm. 11. <i>Rubus caesius</i> L. 12. <i>Rubus saxatilis</i> L. 13. <i>Sorbus aucuparia</i> L. 14. <i>Euonymus verrucosa</i> Scop. 15. <i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch. 16. <i>Elaeagnus angustifolia</i> L. 17. <i>Galium verum</i> L.

	<p>18. <i>Viburnum opulus</i> L. 19. <i>Lonicera xylosteum</i> L. 20. <i>Symphoricarpos rivularis</i> Suskd. (L.) S.F. Blake</p>
Антропохоры	1. <i>Tussilago farfara</i> L.
Автомеханохоры	1. <i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.
Диплохоры	<p>1. <i>Typha latifolia</i> L. 2. <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski 3. <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud 4. <i>Juncus compressus</i> Jacq. 5. <i>Epipactis atrorubens</i> (Hoffm. ex Bernh.) Bess. 6. <i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz 7. <i>Ulmus pumila</i> L. 8. <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve 9. <i>Polygonum aviculare</i> L. 10. <i>Chelidonium majus</i> L. 11. <i>Erysimum hieracifolium</i> L. 12. <i>Malus domestica</i> Borkh. 13. <i>Potentilla anserina</i> L. 14. <i>Chrysaspis aurea</i> (Poll.) Greene 15. <i>Melilotus albus</i> Medik. 16. <i>Trifolium fragiferum</i> L. 17. <i>Trifolium medium</i> L. 18. <i>Trifolium pratense</i> L. 19. <i>Vicia sylvatica</i> L. 20. <i>Hypericum perforatum</i> L. 21. <i>Lythrum salicaria</i> L. 22. <i>Melampyrum argyrocomum</i> (Fisch. ex Ledeb.) K.-Pol. 23. <i>Melampyrum arvense</i> L. 24. <i>Melampyrum cristatum</i> L. 25. <i>Cichorium intybus</i> L. 26. <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam. 27. <i>Senecio jacobaea</i> L. 28. <i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip. 29. <i>Echium vulgare</i> L.</p>
Полихоры	<p>1. <i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz 2. <i>Armeniaca vulgaris</i> Lam. 3. <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. 4. <i>Trifolium repens</i> L. 5. <i>Euphorbia virgata</i> Waldst. et Kit. 6. <i>Oenothera biennis</i> L.</p>

Ценоморфы растений Усть-Сокского карьера

Сильванты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs 2. <i>Hippochaete hyemalis</i> (L.) Bruhin 3. <i>Pinus sylvestris</i> L. 4. <i>Convallaria majalis</i> L. 5. <i>Epipactis atrorubens</i> (Hoffm. ex Bernh.) Bess. 6. <i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz 7. <i>Populus alba</i> L. 8. <i>Populus nigra</i> L. 9. <i>Populus tremula</i> L. 10. <i>Salix acutifolia</i> Willd. 11. <i>Salix caprea</i> L. 12. <i>Salix cinerea</i> L. 13. <i>Salix pentandra</i> L. 14. <i>Salix viminalis</i> L. 15. <i>Betula pendula</i> Roth 16. <i>Ulmus glabra</i> Huds. 17. <i>Ribes nigrum</i> L. 18. <i>Crataegus volgensis</i> Pojark. 19. <i>Fragaria viridis</i> Duch. 20. <i>Malus sylvestris</i> Mill. 21. <i>Padus avium</i> Mill. 22. <i>Rosa majalis</i> Herrm. 23. <i>Rubus caesius</i> L. 24. <i>Rubus saxatilis</i> L. 25. <i>Sorbus aucuparia</i> L. 26. <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> (Fisch. ex Wołoszcz.) Klásková 27. <i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh. 28. <i>Robinia pseudoacacia</i> L. 29. <i>Vicia sylvatica</i> L. 30. <i>Euonymus verrucosa</i> Scop. 31. <i>Acer negundo</i> L. 32. <i>Acer platanoides</i> L. 33. <i>Tilia cordata</i> Mill. 34. <i>Elaeagnus angustifolia</i> L. 35. <i>Pyrola rotundifolia</i> L. 36. <i>Fraxinus excelsior</i> L. 37. <i>Origanum vulgare</i> L. 38. <i>Melampyrum cristatum</i> L. 39. <i>Viburnum opulus</i> L.
-----------	---

	<p>40. <i>Lonicera xylosteum</i> L. 41. <i>Symphoricarpos rivularis</i> Suskd. (L.) S.F. Blake 42. <i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn. 43. <i>Pilosella officinarum</i> F. Schultz et Sch. Bip. 44. <i>Pilosella x rothiana</i> (Wallr.) F. Schultz et Sch. Bip.</p>
Сильванты-рудеранты	<p>1. <i>Chelidonium majus</i> L. 2. <i>Alliaria petiolata</i> (Bieb.) Cavara et Grande 3. <i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub</p>
Степанты	<p>1. <i>Calamagrostis glomerata</i> Boiss. et Buhse 2. <i>Stipa lessingiana</i> Trin. et Rupr. 3. <i>Gypsophila altissima</i> L. 4. <i>Cerasus fruticosa</i> Pall. 5. <i>Medicago falcata</i> L. 6. <i>Melampyrum argyrocomum</i> (Fisch. ex Ledeb.) K.-Pol. 7. <i>Melampyrum arvense</i> L. 8. <i>Verbascum thapsus</i> L. 9. <i>Galium verum</i> L. 10. <i>Scabiosa ochroleuca</i> L. 11. <i>Campanula sibirica</i> L. 12. <i>Achillea nobilis</i> L. 13. <i>Artemisia campestris</i> L. 14. <i>Artemisia marschalliana</i> Spreng. 15. <i>Centaurea pseudomaculosa</i> Dobrocz. 16. <i>Hieracium virosus</i> Pall. 17. <i>Inula germanica</i> L. 18. <i>Jurinea ledebourii</i> Bunge 19. <i>Blitum virgatum</i> L.</p>
Степанты-рудеранты	<p>1. <i>Ulmus pumila</i> L. 2. <i>Erysimum hieracifolium</i> L. 3. <i>Acinos arvensis</i> (Lam.) Dandy 4. <i>Verbascum lychnitis</i> L. 5. <i>Tragopogon dubius</i> Scop. 6. <i>Echium vulgare</i> L.</p>
Пратанты	<p>1. <i>Hippochaete ramosissima</i> (Desf.) Boern. 2. <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth 3. <i>Juncus compressus</i> Jacq. 4. <i>Polygonum aviculare</i> L. 5. <i>Chrysaspis aurea</i> (Poll.) Greene 6. <i>Securigera varia</i> (L.) Lassen 7. <i>Trifolium fragiferum</i> L. 8. <i>Trifolium medium</i> L.</p>

	<ol style="list-style-type: none"> 9. <i>Trifolium pratense</i> L. 10. <i>Hypericum perforatum</i> L. 11. <i>Lythrum salicaria</i> L. 12. <i>Centaurium pulchellum</i> (Sw.) Druce 13. <i>Achillea millefolium</i> L. 14. <i>Inula salicina</i> L. 15. <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam. 16. <i>Senecio jacobaea</i> L. 17. <i>Tanacetum vulgare</i> L.
Пратанты-рудеранты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski 2. <i>Poa compressa</i> L. 3. <i>Rumex confertus</i> Willd. 4. <i>Potentilla anserina</i> L. 5. <i>Medicago lupulina</i> L. 6. <i>Melilotus albus</i> Medik. 7. <i>Trifolium repens</i> L. 8. <i>Euphorbia virgata</i> Waldst. et Kit. 9. <i>Cichorium intybus</i> L. 10. <i>Taraxacum officinale</i> Wigg.
Рудеранты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve 2. <i>Thlaspi arvense</i> L. 3. <i>Oenothera biennis</i> L. 4. <i>Plantago major</i> L. 5. <i>Artemisia absinthium</i> L. 6. <i>Artemisia vulgaris</i> L. 7. <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq. 8. <i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A. Mey. 9. <i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip. 10. <i>Tussilago farfara</i> L. 11. <i>Berteroa incana</i> (L.) DC.
Палюданты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Typha latifolia</i> L. 2. <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud 3. <i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz
Культивируемые, дичающие	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Ribes aureum</i> Pursh 2. <i>Ribes uva-crispa</i> L. 3. <i>Armeniaca vulgaris</i> Lam. 4. <i>Malus domestica</i> Borkh. 5. <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. 6. <i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch. 7. <i>Euphrasia pectinata</i> Ten. 8. <i>Rudbeckia hirta</i> L. 9. <i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.

Трофоморфы растений Усть-Сокского карьера

Мезотрофы	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Hippochaete hyemalis</i> (L.) Bruhin 2. <i>Hippochaete ramosissima</i> (Desf.) Boern. 3. <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski 4. <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud 5. <i>Juncus compressus</i> Jacq. 6. <i>Convallaria majalis</i> L. 7. <i>Epipactis atrorubens</i> (Hoffm. ex Bernh.) Bess. 8. <i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz 9. <i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz 10. <i>Populus nigra</i> L. 11. <i>Populus tremula</i> L. 12. <i>Salix cinerea</i> L. 13. <i>Salix pentandra</i> L. 14. <i>Salix viminalis</i> L. 15. <i>Ulmus pumila</i> L. 16. <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve 17. <i>Rumex confertus</i> Willd. 18. <i>Erysimum hieracifolium</i> L. 19. <i>Thlaspi arvense</i> L. 20. <i>Ribes aureum</i> Pursh 21. <i>Ribes nigrum</i> L. 22. <i>Armeniaca vulgaris</i> Lam. 23. <i>Fragaria viridis</i> Duch. 24. <i>Padus avium</i> Mill. 25. <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. 26. <i>Rubus saxatilis</i> L. 27. <i>Sorbus aucuparia</i> L. 28. <i>Medicago lupulina</i> L. 29. <i>Melilotus albus</i> Medik. 30. <i>Robinia pseudoacacia</i> L. 31. <i>Securigera varia</i> (L.) Lassen 32. <i>Trifolium medium</i> L. 33. <i>Vicia sylvatica</i> L. 34. <i>Euphorbia virgata</i> Waldst. et Kit. 35. <i>Euonymus verrucosa</i> Scop. 36. <i>Acer negundo</i> L. 37. <i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch. 38. <i>Tilia cordata</i> Mill. 39. <i>Hypericum perforatum</i> L. 40. <i>Elaeagnus angustifolia</i> L. 41. <i>Oenothera biennis</i> L.
-----------	---

	<p>42. <i>Acinos arvensis</i> (Lam.) Dandy 43. <i>Verbascum lychnitis</i> L. 44. <i>Galium verum</i> L. 45. <i>Lonicera xylosteum</i> L. 46. <i>Symphoricarpos rivularis</i> Suskd. (L.) S.F. Blake 47. <i>Scabiosa ochroleuca</i> L. 48. <i>Campanula sibirica</i> L. 49. <i>Achillea nobilis</i> L. 50. <i>Artemisia vulgaris</i> L. 51. <i>Centaurea pseudomaculosa</i> Dobrocz. 52. <i>Cichorium intybus</i> L. 53. <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq. 54. <i>Hieracium virosum</i> Pall. 55. <i>Inula germanica</i> L. 56. <i>Jurinea ledebourii</i> Bunge 57. <i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A. Mey. 58. <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam. 59. <i>Pilosella officinarum</i> F. Schultz et Sch. Bip. 60. <i>Rudbeckia hirta</i> L. 61. <i>Senecio jacobaea</i> L. 62. <i>Tanacetum vulgare</i> L. 63. <i>Taraxacum officinale</i> Wigg. 64. <i>Tragopogon dubius</i> Scop. 65. <i>Tussilago farfara</i> L. 66. <i>Blitum virgatum</i> L. 67. <i>Berteroa incana</i> (L.) DC. 68. <i>Echium vulgare</i> L. 69. <i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh. 70. <i>Centaureum pulchellum</i> (Sw.) Druce</p>
Олиготрофы	<p>1. <i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs 2. <i>Pinus sylvestris</i> L. 3. <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth 4. <i>Calamagrostis glomerata</i> Boiss. et Buhse 5. <i>Salix acutifolia</i> Willd. 6. <i>Betula pendula</i> Roth 7. <i>Gypsophila altissima</i> L. 8. <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> (Fisch. ex Wołoszcz.) Klásková 9. <i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub 10. <i>Pyrola rotundifolia</i> L. 11. <i>Verbascum thapsus</i> L. 12. <i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn. 13. <i>Artemisia campestris</i> L. 14. <i>Artemisia marschalliana</i> Spreng.</p>

	15. <i>Pilosella x rothiana</i> (Wallr.) F. Schultz et Sch. Bip.
Мегатрофы	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Typha latifolia</i> L. 2. <i>Poa compressa</i> L. 3. <i>Stipa lessingiana</i> Trin. et Rupr. 4. <i>Populus alba</i> L. 5. <i>Salix caprea</i> L. 6. <i>Ulmus glabra</i> Huds. 7. <i>Polygonum aviculare</i> L. 8. <i>Chelidonium majus</i> L. 9. <i>Alliaria petiolata</i> (Bieb.) Cavara et Grande 10. <i>Ribes uva-crispa</i> L. 11. <i>Cerasus fruticosa</i> Pall. 12. <i>Crataegus volgensis</i> Pojark. 13. <i>Malus domestica</i> Borkh. 14. <i>Malus sylvestris</i> Mill. 15. <i>Potentilla anserina</i> L. 16. <i>Rosa majalis</i> Herrm. 17. <i>Rubus caesius</i> L. 18. <i>Chrysaspis aurea</i> (Poll.) Greene 19. <i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh. 20. <i>Medicago falcata</i> L. 21. <i>Trifolium fragiferum</i> L. 22. <i>Trifolium pratense</i> L. 23. <i>Trifolium repens</i> L. 24. <i>Acer platanoides</i> L. 25. <i>Lythrum salicaria</i> L. 26. <i>Fraxinus excelsior</i> L. 27. <i>Origanum vulgare</i> L. 28. <i>Plantago major</i> L. 29. <i>Viburnum opulus</i> L. 30. <i>Achillea millefolium</i> L. 31. <i>Artemisia absinthium</i> L. 32. <i>Inula salicina</i> L. 33. <i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip.
Полупаразиты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Euphrasia pectinata</i> Ten. 2. <i>Melampyrum argyrocomum</i> (Fisch. ex Ledeb.) K.-Pol. 3. <i>Melampyrum arvense</i> L. 4. <i>Melampyrum cristatum</i> L.

Гигроморфы растений Усть-Сокского карьера

Мезофиты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Hippochaete hyemalis</i> (L.) Bruhin 2. <i>Hippochaete ramosissima</i> (Desf.) Boern. 3. <i>Epipactis atrorubens</i> (Hoffm. ex Bernh.) Bess. 4. <i>Salix caprea</i> L. 5. <i>Ulmus glabra</i> Huds. 6. <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve 7. <i>Chelidonium majus</i> L. 8. <i>Alliaria petiolata</i> (Bieb.) Cavara et Grande 9. <i>Ribes uva-crispa</i> L. 10. <i>Malus domestica</i> Borkh. 11. <i>Malus sylvestris</i> Mill. 12. <i>Rubus saxatilis</i> L. 13. <i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh. 14. <i>Medicago lupulina</i> L. 15. <i>Melilotus albus</i> Medik. 16. <i>Securigera varia</i> (L.) Lassen 17. <i>Trifolium medium</i> L. 18. <i>Trifolium pratense</i> L. 19. <i>Trifolium repens</i> L. 20. <i>Vicia sylvatica</i> L. 21. <i>Euphorbia virgata</i> Waldst. et Kit. 22. <i>Euonymus verrucosa</i> Scop. 23. <i>Acer platanoides</i> L. 24. <i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch. 25. <i>Tilia cordata</i> Mill. 26. <i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub 27. <i>Fraxinus excelsior</i> L. 28. <i>Plantago major</i> L. 29. <i>Viburnum opulus</i> L. 30. <i>Lonicera xylosteum</i> L. 31. <i>Symphoricarpos rivularis</i> Suskd. (L.) S.F. Blake 32. <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam. 33. <i>Tussilago farfara</i> L.
Ксеромезофиты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth 2. <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski 3. <i>Convallaria majalis</i> L. 4. <i>Polygonum aviculare</i> L. 5. <i>Erysimum hieracifolium</i> L. 6. <i>Ribes aureum</i> Pursh 7. <i>Crataegus volgensis</i> Pojark.

	8. <i>Chrysaspis aurea</i> (Poll.) Greene 9. <i>Robinia pseudoacacia</i> L. 10. <i>Hypericum perforatum</i> L. 11. <i>Oenothera biennis</i> L. 12. <i>Centaureum pulchellum</i> (Sw.) Druce 13. <i>Origanum vulgare</i> L. 14. <i>Euphrasia pectinata</i> Ten. 15. <i>Melampyrum argyrocomum</i> (Fisch. ex Ledeb.) K.-Pol. 16. <i>Melampyrum arvense</i> L. 17. <i>Melampyrum cristatum</i> L. 18. <i>Achillea millefolium</i> L. 19. <i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn. 20. <i>Artemisia vulgaris</i> L. 21. <i>Hieracium virosum</i> Pall. 22. <i>Inula germanica</i> L. 23. <i>Inula salicina</i> L. 24. <i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A. Mey. 25. <i>Pilosella officinarum</i> F. Schultz et Sch. Bip. 26. <i>Pilosella x rothiana</i> (Wallr.) F. Schultz et Sch. Bip. 27. <i>Rudbeckia hirta</i> L. 28. <i>Senecio jacobaea</i> L. 29. <i>Tanacetum vulgare</i> L. 30. <i>Taraxacum officinale</i> Wigg. 31. <i>Blitum virgatum</i> L. 32. <i>Calamagrostis glomerata</i> Boiss. et Buhse
Ксерофиты	1. <i>Pinus sylvestris</i> L. 2. <i>Stipa lessingiana</i> Trin. et Rupr. 3. <i>Salix acutifolia</i> Willd. 4. <i>Gypsophila altissima</i> L. 5. <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> (Fisch. ex Wołoszcz.) Klásková 6. <i>Verbascum thapsus</i> L. 7. <i>Campanula sibirica</i> L. 8. <i>Artemisia absinthium</i> L. 9. <i>Artemisia campestris</i> L. 10. <i>Artemisia marschalliana</i> Spreng. 11. <i>Centaurea pseudomaculosa</i> Dobrocz. 12. <i>Jurinea ledebourii</i> Bunge 13. <i>Berteroa incana</i> (L.) DC.
Мезоксерофиты	1. <i>Poa compressa</i> L. 2. <i>Ulmus pumila</i> L. 3. <i>Thlaspi arvense</i> L. 4. <i>Armeniaca vulgaris</i> Lam. 5. <i>Cerasus fruticosa</i> Pall.

	<ol style="list-style-type: none"> 6. <i>Fragaria viridis</i> Duch. 7. <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. 8. <i>Rosa majalis</i> Herrm. 9. <i>Medicago falcata</i> L. 10. <i>Acer negundo</i> L. 11. <i>Elaeagnus angustifolia</i> L. 12. <i>Acinos arvensis</i> (Lam.) Dandy 13. <i>Verbascum lychnitis</i> L. 14. <i>Galium verum</i> L. 15. <i>Scabiosa ochroleuca</i> L. 16. <i>Achillea nobilis</i> L. 17. <i>Cichorium intybus</i> L. 18. <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq. 19. <i>Tragopogon dubius</i> Scop. 20. <i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip. 21. <i>Echium vulgare</i> L.
Мезогигрофиты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz 2. <i>Populus alba</i> L. 3. <i>Populus nigra</i> L. 4. <i>Populus tremula</i> L. 5. <i>Betula pendula</i> Roth 6. <i>Rumex confertus</i> Willd. 7. <i>Ribes nigrum</i> L. 8. <i>Rubus caesius</i> L. 9. <i>Sorbus aucuparia</i> L. 10. <i>Pyrola rotundifolia</i> L. 11. <i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.
Гигрофиты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Juncus compressus</i> Jacq. 2. <i>Salix cinerea</i> L. 3. <i>Salix pentandra</i> L. 4. <i>Salix viminalis</i> L. 5. <i>Padus avium</i> Mill. 6. <i>Potentilla anserina</i> L. 7. <i>Lythrum salicaria</i> L.
Гигромезофиты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs 2. <i>Trifolium fragiferum</i> L.
Ультрагигрофиты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Typha latifolia</i> L. 2. <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud 3. <i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz

Гелиоморфы растений Усть-Сокского карьера

Гелиофиты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Hippochaete ramosissima</i> (Desf.) Boern. 2. <i>Pinus sylvestris</i> L. 3. <i>Typha latifolia</i> L. 4. <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth 5. <i>Calamagrostis glomerata</i> Boiss. et Buhse 6. <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski 7. <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud 8. <i>Poa compressa</i> L. 9. <i>Stipa lessingiana</i> Trin. et Rupr. 10. <i>Juncus compressus</i> Jacq. 11. <i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz 12. <i>Populus tremula</i> L. 13. <i>Salix acutifolia</i> Willd. 14. <i>Betula pendula</i> Roth 15. <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve 16. <i>Polygonum aviculare</i> L. 17. <i>Rumex confertus</i> Willd. 18. <i>Gypsophila altissima</i> L. 19. <i>Erysimum hieracifolium</i> L. 20. <i>Thlaspi arvense</i> L. 21. <i>Cerasus fruticosa</i> Pall. 22. <i>Potentilla anserina</i> L. 23. <i>Chrysaspis aurea</i> (Poll.) Greene 24. <i>Medicago falcata</i> L. 25. <i>Medicago lupulina</i> L. 26. <i>Melilotus albus</i> Medik. 27. <i>Securigera varia</i> (L.) Lassen 28. <i>Trifolium fragiferum</i> L. 29. <i>Trifolium medium</i> L. 30. <i>Trifolium pratense</i> L. 31. <i>Trifolium repens</i> L. 32. <i>Euphorbia virgata</i> Waldst. et Kit. 33. <i>Hypericum perforatum</i> L. 34. <i>Elaeagnus angustifolia</i> L. 35. <i>Lythrum salicaria</i> L. 36. <i>Oenothera biennis</i> L. 37. <i>Centaurium pulchellum</i> (Sw.) Druce 38. <i>Acinos arvensis</i> (Lam.) Dandy 39. <i>Euphrasia pectinata</i> Ten. 40. <i>Melampyrum argyrocomum</i> (Fisch. ex Ledeb.) K.-Pol. 41. <i>Melampyrum arvense</i> L.
-----------	--

	<p>42. <i>Melampyrum cristatum</i> L. 43. <i>Verbascum lychnitis</i> L. 44. <i>Verbascum thapsus</i> L. 45. <i>Plantago major</i> L. 46. <i>Galium verum</i> L. 47. <i>Scabiosa ochroleuca</i> L. 48. <i>Campanula sibirica</i> L. 49. <i>Achillea millefolium</i> L. 50. <i>Achillea nobilis</i> L. 51. <i>Artemisia absinthium</i> L. 52. <i>Artemisia campestris</i> L. 53. <i>Artemisia marschalliana</i> Spreng. 54. <i>Artemisia vulgaris</i> L. 55. <i>Centaurea pseudomaculosa</i> Dobrocz. 56. <i>Cichorium intybus</i> L. 57. <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq. 58. <i>Hieracium virosum</i> Pall. 59. <i>Inula germanica</i> L. 60. <i>Inula salicina</i> L. 61. <i>Jurinea ledebourii</i> Bunge 62. <i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A. Mey. 63. <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam. 64. <i>Pilosella officinarum</i> F. Schultz et Sch. Bip. 65. <i>Pilosella x rothiana</i> (Wallr.) F. Schultz et Sch. Bip. 66. <i>Rudbeckia hirta</i> L. 67. <i>Senecio jacobaea</i> L. 68. <i>Tanacetum vulgare</i> L. 69. <i>Taraxacum officinale</i> Wigg. 70. <i>Tragopogon dubius</i> Scop. 71. <i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip. 72. <i>Tussilago farfara</i> L. 73. <i>Blitum virgatum</i> L. 74. <i>Berteroa incana</i> (L.) DC. 75. <i>Echium vulgare</i> L.</p>
Сциогелиофиты	<p>1. <i>Convallaria majalis</i> L. 2. <i>Epipactis atrorubens</i> (Hoffm. ex Bernh.) Bess. 3. <i>Populus alba</i> L. 4. <i>Populus nigra</i> L. 5. <i>Salix cinerea</i> L. 6. <i>Salix pentandra</i> L. 7. <i>Salix viminalis</i> L. 8. <i>Ulmus pumila</i> L. 9. <i>Chelidonium majus</i> L. 10. <i>Alliaria petiolata</i> (Bieb.) Cavara et Grande</p>

	<p>11. <i>Ribes aureum</i> Pursh 12. <i>Ribes nigrum</i> L. 13. <i>Ribes uva-crispa</i> L. 14. <i>Armeniaca vulgaris</i> Lam. 15. <i>Crataegus volgensis</i> Pojark. 16. <i>Fragaria viridis</i> Duch. 17. <i>Malus domestica</i> Borkh. 18. <i>Malus sylvestris</i> Mill. 19. <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. 20. <i>Rosa majalis</i> Herrm. 21. <i>Sorbus aucuparia</i> L. 22. <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> (Fisch. ex Wołoszcz.) Klásková 23. <i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh. 24. <i>Robinia pseudoacacia</i> L. 25. <i>Euonymus verrucosa</i> Scop. 26. <i>Acer platanoides</i> L. 27. <i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch. 28. <i>Tilia cordata</i> Mill. 29. <i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub 30. <i>Origanum vulgare</i> L. 31. <i>Lonicera xylosteum</i> L. 32. <i>Symphoricarpos rivularis</i> Suskd. (L.) S.F. Blake 33. <i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn. 34. <i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.</p>
Гелиосциофиты	<p>1. <i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs 2. <i>Hippochaete hyemalis</i> (L.) Bruhin 3. <i>Salix caprea</i> L. 4. <i>Ulmus glabra</i> Huds. 5. <i>Padus avium</i> Mill. 6. <i>Rubus caesius</i> L. 7. <i>Rubus saxatilis</i> L. 8. <i>Vicia sylvatica</i> L. 9. <i>Acer negundo</i> L. 10. <i>Fraxinus excelsior</i> L.</p>
Сциофиты	<p>1. <i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz 2. <i>Pyrola rotundifolia</i> L. 3. <i>Viburnum opulus</i> L.</p>

Адвентивная фракция флоры Усть-Сокского карьера

1. *Ulmus pumila* L. – вяз мелколистный
2. *Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve – гречишка вьюнковая
3. *Polygonum aviculare* L. – спорыш птичий
4. *Blitum virgatum* L. (*Chenopodium foliosum* Aschers.) – жминда прутьевидная
5. *Berteroa incana* (L.) DC. – икотник серо-зеленый
6. *Thlaspi arvense* L. – ярутка полевая
7. *Ribes aureum* Pursh – смородина золотистая
8. *Ribes uva-crispa* L. – крыжовник обыкновенный
9. *Armeniaca vulgaris* Lam. – абрикос обыкновенный
10. *Malus domestica* Borkh. – яблоня домашняя
11. *Prunus cerasifera* Ehrh. (*P. divaricata* Ledeb.) – слива вишненосная
12. *Robinia pseudoacacia* L. – робиния обыкновенная
13. *Acer negundo* L. – клен американский
14. *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. – девичий виноград пятилисточковый
15. *Elaeagnus angustifolia* L. – лох узколистный
16. *Oenothera biennis* L. – ослинник двулетний
17. *Fraxinus lanceolata* Borkh. – ясень ланцетный
18. *Symphoricarpos rivularis* Suskd. (L.) S.F. Blake
19. *Conyza canadensis* (L.) Cronq. (*Erigeron canadensis* L.) – мелколепестничек канадский
20. *Rudbeckia hirta* L. – рудбекия жестковолосистая

Классификация адвентивных видов Усть-Сокского карьера по путям
проникновения

Индуценты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq. 2. <i>Berteroa incana</i> (L.) DC. 3. <i>Thlaspi arvense</i> L. 4. <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve 5. <i>Polygonum aviculare</i> L.
Интродуценты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Ulmus pumila</i> L. 2. <i>Acer negundo</i> L. 3. <i>Blitum virgatum</i> L. 4. <i>Ribes aureum</i> Pursh 5. <i>Ribes uva-crispa</i> L. 6. <i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.. 7. <i>Malus domestica</i> Borkh.. 8. <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. 9. <i>Robinia pseudoacacia</i> L. 10. <i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch. 11. <i>Elaeagnus angustifolia</i> L. 12. <i>Oenothera biennis</i> L. 13. <i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh. 14. <i>Symphoricarpos rivularis</i> Suskd. (L.) S.F. Blake 15. <i>Rudbeckia hirta</i> L.

Классификация адвентивных видов Усть-Сокского карьера по способу заноса

Ксенофиты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq. 2. <i>Berteroa incana</i> (L.) DC. 3. <i>Thlaspi arvense</i> L. 4. <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve 5. <i>Polygonum aviculare</i> L.
Эргазиофиты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Ulmus pumila</i> L. 2. <i>Acer negundo</i> L. 3. <i>Ribes aureum</i> Pursh 4. <i>Ribes uva-crispa</i> L. 5. <i>Malus domestica</i> Borkh.. 6. <i>Robinia pseudoacacia</i> L. 7. <i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch. 8. <i>Elaeagnus angustifolia</i> L. 9. <i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh. 10. <i>Symphoricarpos rivularis</i> Suskd. (L.) S.F. Blake 11. <i>Rudbeckia hirta</i> L.
Ксеноэргазиофиты	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Blitum virgatum</i> L. 2. <i>Armeniaca vulgaris</i> Lam. 3. <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. 4. <i>Oenothera biennis</i> L.

Индексы флористического сходства между участками Усть-Сокского карьера

	Восток	Центр, у озера	Центр, напротив штолен	Центр	Запад	Контроль
Восток		0,29	0,56	0,67	0,62	0,23
Центр, у озера	0,17		0,43	0,18	0,22	0
Центр, напротив штолен	0,38	0,27		0,24	0,27	0,07
Центр	0,50	0,10	0,13		0,67	0,24
Запад	0,44	0,13	0,15	0,50		0,26
Контроль	0,13	0,00	0,04	0,14	0,15	

Примечание: В верхней части таблицы представлен индекс Сьерсена-Чекановского, в нижней – Жаккара.

Некоторые растения Усть-Соксокого карьера



Hippochaete ramosissima (Desf.) Voern. – **хвощовник ветвистый**



Epipactis atrorubens (Hoffm. ex Bernh.) Bess. – **дремлик темно-красный**



Epiractis palustris (L.) Crantz – дремлик болотный



Populus alba L. – тополь белый

Достоверность различий морфологических структур березы поникающей при сравнении с контролем по критерию Манна-Уитни

Площадь листа	2011	2012	2014
Восток	0	–	0
Центр	0	0,000066	0
Запад	0	0,000241	0

Показатель ФА	2011	2012	2014
Восток	0,050696	–	0,569625
Центр	0,083173	0,303617	0,040173
Запад	0,018256	0,052159	0,555855

Примечание: Различие достоверно при $p < 0,05$

Достоверность различий анатомических структур березы повислой
при сравнении с контролем по критерию Манна-Уитни

Диаметр побега	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Восток	0,948347	0,26959	0
Центр	0,976158	0,000083	0,000019
Центр у озера	0,00559	0,680801	0
Запад	0,000893	0,001133	0,000662

Мощность эпидермы	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Восток	0	0,976051	0,000485
Центр	0,000003	0,882192	0,541345
Центр у озера	0	0,103345	0,471171
Запад	0,252226	0,13603	0,011514

Мощность феллодермы	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Восток	0	0	0
Центр	0,488639	0,90534	0,72755
Центр у озера	0,068817	0,00001	0,313408
Запад	0	0,000001	0,00001

Мощность феллемы	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Восток	0,104221	0,001244	0,000002
Центр	0,912751	0,994138	0,000082
Центр у озера	0,000669	0,000549	0,529748
Запад	0,003078	0,451083	0,77728

Мощность флоэмы	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Восток	0,410542	0,000064	0,342724
Центр	0	0,000018	0,000094
Центр у озера	0,130802	0,012892	0,331531
Запад	0,386018	0,000928	0,412706

Мощность склеренхимы	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Восток	0	0,000002	0,324202
Центр	0,000048	0	0,982259
Центр у озера	0	0	0,449605
Запад	0,002548	0,000001	0,516602

Мощность ксилемы	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Восток	0	0,000125	0,013022
Центр	0,407477	0,017141	0,000874
Центр у озера	0	0	0,436386
Запад	0	0,000042	0,03188

Площадь сердцевины	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Восток	0,031271	0	0,002492
Центр	0,000261	0	0,070507
Центр у озера	0	0	0,02157
Запад	0,000001	0	0,001295

Примечание: Различие достоверно при $p < 0,05$

Выявление степени лигнификации анатомических структур годичного побега березы повислой, окраска флороглюцином

1. Восточная часть карьера.



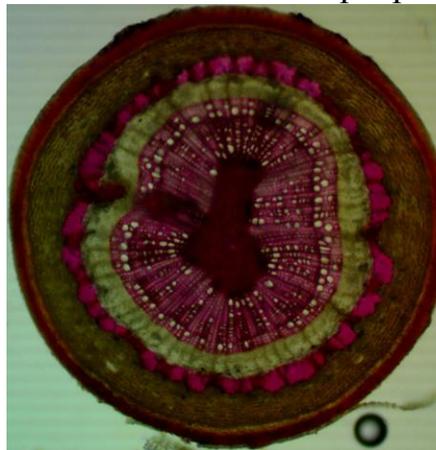
2. Центральная часть карьера, у озера.



3. Центральная часть карьера.



4. Западная часть карьера.



5. Контрольный участок



Выявление аккумуляции тяжелых металлов в годичном побеге березы повислой, окраска дитизионом

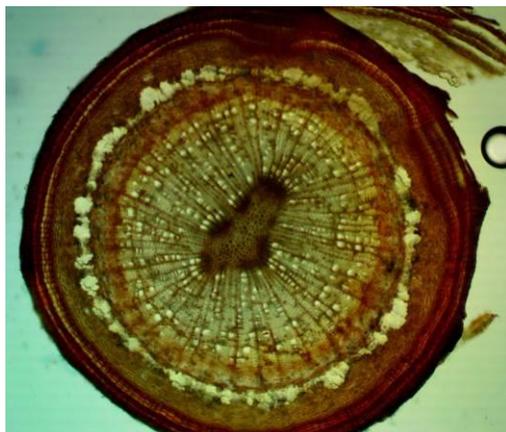
1. Восточная часть карьера.



2. Центральная часть карьера, у озера.



3. Центральная часть карьера.



4. Западная часть карьера.



5. Контрольный участок

