

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I»

на правах рукописи

Барышникова Оксана Сергеевна



**ОЦЕНКА БИОРЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА СОРТОВ И ГИБРИДОВ
ПОДСОЛНЕЧНИКА В АГРОЦЕНОЗАХ С ПОВЫШЕННОЙ АНТРО-
ПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ**

Специальность 03.02.14 – Биологические ресурсы

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель – доктор
биологических наук,
доцент Высоцкая Елена Анатольевна

Воронеж – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	10
1.1 Загрязнение окружающей среды автотранспортом и его влияние на сельскохозяйственные культуры	10
1.2 Морфобиологическая и агроэкологическая характеристика подсолнечника.....	18
1.3 Агроэкологическая устойчивость подсолнечника к антропогенной нагрузке	24
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	30
2.1 Географическое положение Верхнехавского района Воронежской области	30
2.2 Климатические и метеорологические условия	30
2.3 Геология, рельеф и гидрология	38
2.4 Почвообразующие породы и почвы	41
2.5 Растительность	43
2.6 Оценка техногенных факторов, влияющих на экологическое состояние придорожных агроценозов Верхнехавского района	45
2.7 Объекты и методы исследований	47
3 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА НА ПОЧВЫ ПРИДОРОЖНЫХ АГРОЦЕНОЗОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА	58
3.1 Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах придорожных агроценозов подсолнечника	68
3.2 Динамика содержания подвижных форм тяжелых металлов в почвах придорожных агроценозов подсолнечника	79

4 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ И БИОПРОДУКТИВНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	95
4.1 Особенности формирования всходов подсолнечника в придорожных агроценозах	95
4.2 Влияние загрязнения почвы на показатели фотосинтетической деятельности подсолнечника	99
4.3 Анализ биометрических показателей и элементов структуры урожая подсолнечника	106
4.4 Урожайность и качество маслосемян подсолнечника	112
5 ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД ПОДСОЛНЕЧНИК	122
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	124
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	128
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	129
ПРИЛОЖЕНИЯ	143

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В современных условиях повышение эффективности сельскохозяйственного производства связано с применением средств химизации и высокопродуктивных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур. В тоже время, использование чрезмерно высоких доз удобрений и пестицидов без достаточного научного обоснования может привести к загрязнению сельскохозяйственной продукции и целому комплексу негативных экологических последствий.

Интенсификация сельского хозяйства, а также дефицит сельскохозяйственных угодий, которые не подвергаются техногенному воздействию, обуславливают необходимость поиска и уточнения научно обоснованных и экспериментально проверенных приемов возделывания сельскохозяйственных культур, которые позволят, с одной стороны, учитывать экономические интересы сельскохозяйственных производителей, а с другой – получать на выходе экологически чистую продукцию.

Условия современности предъявляют строгие требования к сельскохозяйственной продукции: во-первых, это высокая урожайность сельскохозяйственных культур, во-вторых – экологическая безопасность продуктов питания.

Согласно различным исследованиям, на протяжении последних десятилетий содержание тяжелых металлов в окружающей среде неуклонно повышается. Это связано с быстрым развитием промышленных предприятий, резким увеличением количества автотранспорта, ежегодным внесением в почву высоких доз минеральных удобрений, широким применением пестицидов. На территории России в среднем около 11% почв имеют высокий уровень загрязнения тяжелыми металлами, причем в целом ряде регионов данный показатель значительно выше среднего значения [120].

Интенсивное развитие транспортной инфраструктуры приводит к тому, что придорожные агроценозы испытывают высокую антропогенную нагрузку, при этом выбросами автотранспорта загрязняются как почвы, так и сама сельскохозяйственная продукция.

В выхлопных газах автотранспорта содержатся тяжелые металлы, которые оказывают негативное влияние на здоровье человека. Установлено, что токсичность тяжелых металлов для живых организмов обусловлена целым рядом их физических и химических особенностей, а также способностью проникать через клеточную оболочку и образовывать прочные соединения на поверхности и внутри клетки [4, 9, 65, 113, 132].

В зависимости от концентрации, влияние тяжелых металлов на растения зачастую носит неоднозначный характер. С одной стороны, в невысоких концентрациях они способны оказывать стимулирующий эффект на растения, а с другой – более высокие дозы тяжелых металлов могут негативно влиять на их рост и развитие, накапливаться в вегетативной и генеративной массе. Как известно, тяжелые металлы, привносимые автотранспортом в придорожные агроценозы, являются ингибиторами различных процессов развития растений, что впоследствии ведет к падению урожайности сельскохозяйственных культур и соответственно снижает качество продуктов питания.

В Воронежской области подсолнечник является одной из ведущих культур, на которых специализируется регион в силу природно-климатических условий. Также, подсолнечник является стратегической культурой, которая вносит огромный вклад в продовольственную безопасность страны. В связи с этим, доля посевов подсолнечника в структуре посевных площадей Воронежской области постоянно увеличивается и составляет приблизительно 400 тыс. га, а размещение их вдоль автотрасс повышает вероятность загрязнения продукции тяжелыми металлами.

Современные технологии выращивания подсолнечника основаны на использовании различных средств химизации. Как показывают данные про-

верок надзорных органов, в маслосеменах подсолнечника, а так же в растительном масле, производимом в Воронежской области, обнаружены токсичные вещества, и в частности тяжелые металлы. Подсолнечник, в силу своих морфофизиологических особенностей, способен активно поглощать и аккумулировать различные токсиканты. В связи с этим, в растениях подсолнечника, произрастающих в придорожных агроценозах, могут накапливаться токсичные вещества, способные значительно снижать как продуктивность, так и экологические показатели продукции.

Однако придорожные агроценозы нельзя исключить из сельскохозяйственного оборота по экономическим соображениям. В связи с этим, необходим поиск новых агротехнических приемов, которые позволят при минимальных экономических затратах не только реализовать биологический ресурс культуры, но и выращивать продукцию, соответствующую экологическим требованиям.

Степень разработанности темы. Изучением проблемы загрязнения почв тяжелыми металлами и их воздействия на развитие растений занимались В.А. Ковда, А.И. Перельман, М.А. Глазовская, А. Кабата-Пендиас, П.Г. Адерихин, М.М. Овчаренко, Ю.В. Алексеев, Н.А. Протасова, J.L.Hall, C. Roschenrieder и другие ученые [2, 4, 24, 62, 70, 96, 102, 125, 135, 138].

Однако, проведенный нами анализ многочисленных публикаций, посвященных различным аспектам влияния тяжелых металлов на урожайность и качество сельскохозяйственных культур, показал, что результаты исследований часто оказываются трудносопоставимыми. Это обусловлено тем, что различаются сорта и гибриды растений, условия их произрастания, уровни техногенной нагрузки и методы определения различных показателей.

Исходя из вышеизложенного, становится очевидной актуальность оценки биологического ресурса районированных сортов и гибридов подсолнечника в условиях неблагоприятной экологической обстановки, и обоснования целесообразности его возделывания в придорожной зоне.

В качестве объектов исследований были использованы агроценозы подсолнечника придорожной полосы автодорог IV категории Верхнехавского района Воронежской области. При этом изучались районированные в Воронежской области сорта и гибриды подсолнечника с различным сроком созревания и уровнем минерального питания.

Цель исследований: оценить биоресурсный потенциал придорожных агроценозов подсолнечника и выявить сорта и гибриды, наиболее толерантные к загрязнению почвы, позволяющие получать высокий урожай хорошего качества.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи:**

1. Определить содержание валовых форм и изучить динамику подвижных форм тяжелых металлов в почве с учетом расстояния от дороги, периода вегетации и уровня минерального питания подсолнечника.

2. Установить влияние удобрений и средств защиты растений на полевою всхожесть семян подсолнечника в условиях загрязнения почв придорожных полос тяжелыми металлами.

3. Изучить показатели фотосинтетической деятельности и структуры урожая подсолнечника, их динамику в зависимости от доз и сочетаний применяемых агрохимических средств, а также биологических особенностей сортов и гибридов.

4. Оценить воздействие выбросов автотранспорта и уровня минерального питания на урожайность и качество семян сортов и гибридов подсолнечника различного срока созревания.

5. Определить энергетическую эффективность применения минеральных удобрений в сочетании с гербицидом под подсолнечник.

Научная новизна. Проведены комплексные исследования по изучению влияния автотранспорта и средств химизации на загрязнение почв тяжелыми металлами и биоресурсный потенциал районированных сортов и гибридов подсолнечника, выращиваемых в зоне воздействия автодорог IV категории Верхнехавского района Воронежской области. Установлены пер-

спективные сорта и гибриды подсолнечника, максимально реализующие свой биологический ресурс при интенсивной техногенной нагрузке на агроценозы.

Практическая значимость работы. Полученные результаты могут быть использованы как рекомендации при возделывании сортов и гибридов подсолнечника в зоне воздействия автодорог IV категории, при условии проведения агроэкологического мониторинга загрязнения почвы и основной продукции тяжелыми металлами.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Наиболее высокие концентрации валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве агроценозов подсолнечника наблюдались на вариантах с применением удобрений в комплексе с гербицидом, расположенных на расстоянии 0-40 м от дорог IV категории, при этом превышения ПДК, в основном, не отмечалось.

2. В условиях техногенной нагрузки на агроценозы, показатели фотосинтетической деятельности, элементы структуры урожая подсолнечника, продуктивность и качество семян варьируют в зависимости от применяемых средств химизации, а также биологических особенностей сортов и гибридов.

3. Применение одинарной дозы минеральных удобрений в комплексе с гербицидом оказывает стимулирующее влияние на рост и развитие подсолнечника, повышая его продуктивность и качество. На вариантах с двойной дозой NPK на фоне повышенных концентраций тяжелых металлов в почве происходит угнетение растений и ухудшение качественных показателей основной продукции подсолнечника.

Апробация результатов исследований. Полученные результаты исследований докладывались: на национальной конференции «Теория и практика инновационных технологий в землеустройстве и кадастрах» (г. Воронеж, 2019 г.); на национальной (Всероссийской) научной конференции с международным участием «Теория и практика современной аграрной науки» (г. Воронеж, 2020 г.); Всероссийской (национальной) научно-практической

конференции «Инженерное обеспечение в реализации социально-экономических и экологических программ АПК» (Курган, 2020); Международной научно-практической конференции «Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции» (г. Пенза, 2020 г.); Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы сельскохозяйственного производства» (г. Воронеж, 2020 г.).

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 11 научных работ, 3 из которых входят в перечень рецензируемых журналов ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 141 странице компьютерного текста и состоит из введения, 5 глав, выводов, предложений производству и библиографического списка. Включает 18 таблиц, 16 рисунков, 18 приложений. Список литературы состоит из 141 источника, в том числе 8 на иностранных языках.

Личный вклад автора. В работе использовались материалы, полученные лично автором в ходе проведенных исследований. Автор принимал непосредственное участие в разработке программы исследований, в закладке полевых опытов, лично проводил экспериментальную работу, обобщение теоретических и практических данных, формулировку выводов.

Диссертационные исследования проводились в 2013-2017 гг. на кафедре безопасности жизнедеятельности, механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» (кафедра технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности). Полевые опыты закладывались на полях землепользования ООО «Луч» и ИП Глава КФХ Веневцев А.В. Верхнехавского района Воронежской области.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Загрязнение окружающей среды автотранспортом и его влияние на сельскохозяйственные культуры

В настоящее время, в связи с интенсивным развитием транспортной инфраструктуры, сельскохозяйственные угодья подвергаются техногенному загрязнению, и в частности воздействию автомобильного транспорта. Воронежская область относится к регионам, где значительные площади сельскохозяйственных культур возделываются вдоль придорожных территорий и подвергаются негативному влиянию выбросов автотранспорта. Выхлопные газы автомобильного транспорта содержат такие высокотоксичные для растений вещества, как оксид углерода, оксиды азота, сажу, тяжелые металлы и др. Эти вещества накапливаются в почвах и могут негативно влиять на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур.

Придорожные агроценозы – это сложные природно-техногенные комплексы, которые подвергаются комплексному негативному воздействию таких факторов, как продукты сгорания топлива, продукты истирания шин, а так же продукты износа автотранспортного покрытия – химические, физические и механические [13]. Вещества автотранспортного происхождения особенно интенсивно воздействуют на растительность придорожных полос, которая является важнейшим звеном трофической цепи в системе агроценоза.

Влияние на придорожные агроценозы, и в частности на почвы и сельскохозяйственные растения, определяется техническими характеристиками автодороги. В России, в соответствии с нормативными документами, выделяются автомобильные дороги пяти категорий [41].

Категория дороги определяет плотность транспортных потоков и интенсивность движения, от которых зависит количество вредных веществ, поступающих в агроценозы придорожных экосистем.

В выбросах автотранспорта содержатся различные газообразные и твердые токсичные вещества, которые с одной стороны могут негативно влиять на рост и развитие растений придорожных агроценозов, с другой стороны они могут накапливаться в зеленой и продуктивной массе растений, снижать качество сельскохозяйственной продукции.

В составе токсичных выбросов автотранспорта содержатся отработанные и картерные газы, топливные испарения [77].

Ниже представлен состав выбросов автотранспорта (Таблица 1).

Таблица 1 – Состав отработанных газов автомобильных двигателей [77]

Вещества	Содержание в объеме, в %		Токсичные свойства
	Бензиновый двигатель	Дизельный двигатель	
N ₂	74-77	76-78	не токсичен
O ₂	0,3-0,8	2,0-18,0	не токсичен
H ₂ O	3,0-5,5	0,5-4,0	не токсичен
CO ₂	5,0-12,0	1,0-10,0	не токсичен
NO _x	0,1-0,5	0,01-0,5	токсичен
C _x H _y	0,2-3,0	0,001-0,4	токсичен
R _x CHO (альдегид)	0,0-0,2	0,01-0,09	токсичен
SO ₂	0,0-0,002	0,0-0,03	токсичен
Сажа, г/м ³	0,04	0,01-1,1	токсичен
Бенз(а)пирен	до 0,02	до 0,01	канцерогенен

Токсичные вещества выбросов автомобилей оказывают на растения различное негативное влияние и механизмы такого воздействия в настоящее время достаточно изучены.

Так, влияние оксидов азота на растения исследованы в трудах М.А. Востриковой, В.В. Шкода (2015); Е.А. Демьянцевой, Е.А. Шваб, Е.О. Реховской (2017) и др. [23, 50].

При прямом воздействии оксидов азота на листья и стебли растений, происходит разрушение хлорофилла, вследствие чего наблюдается пожелтение и побурение листьев, и соответственно нарушение синтеза органических веществ. Также оксиды азота вызывают окисление жирных кислот, в резуль-

тате которого разрушаются мембраны клеток и происходит их отмирание. Образующаяся при этом в клетках азотистая кислота оказывает мутагенное воздействие на растение [50]. Под действием оксидов азота в межклетниках растений образуются кислоты, которые вызывают обесцвечивание листьев, увядание цветков и соцветий, нарушение процессов вегетации и роста в целом [23].

Важное значение имеет концентрация оксидов азота при поступлении в растения. При концентрациях 0,17–0,18 мг/м³ оксиды азота используются растениями в качестве удобрений. Нарушения роста и развития растений наблюдаются при концентрациях NO₂ – 0,35 мг/м³ и выше [50].

Диоксид серы, поступая в растения, может вызывать нарушение процессов газообмена, биосинтеза ферментов, участвующих в фотосинтезе, изменения в полупроницаемых мембранах. Поступая в растение, диоксид серы, может ухудшать работу устьиц, воздействуя на клетки, которые регулируют их работу. При поступлении в межклетники, диоксид серы, воздействует, так же как оксиды азота на мембрану, нарушая процессы поступления в клетку питательных веществ. Под воздействием диоксида серы происходят изменения внутри хлоропластов, за счет превращений диоксида серы в бисульфиты, сульфиты и сульфаты, которые ингибируют процесс фотосинтеза. Происходит разрушение ферментных систем, ответственных за биосинтез хлорофилла. Растения с однолетним периодом вегетации, к которым относится большинство сельскохозяйственных культур, устойчивы к концентрациям диоксида серы до 1 мкг/л [44], однако даже при такой степени устойчивости, процессы разрушения хлорофилла, протекающие в растении, приводят к уменьшению биомассы и снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Следует отметить, что по утверждению большинства исследователей токсичность оксидов азота по отношению к растениям многократно возрастает в присутствии оксидов серы. Эти газы обладают синергизмом и содержатся в автомобильных выбросах. При этом действие одного диоксида азота многие растения переносят в концентрации до 0,35 мг/м³, в присутствии же

диоксида серы такая концентрация диоксида азота, может нанести растению непоправимый ущерб.

Углеводороды, содержащиеся в выбросах автомобильного транспорта, так же оказывают влияние на придорожные агроценозы, однако, как показал анализ литературных источников, их влияние на растительные сообщества придорожных территорий, весьма неоднозначно.

Углеводороды, поступающие от выбросов автотранспорта в окружающую среду, ассимилируются в газообразной фазе почвы. Легкие фракции жидких нефтяных углеводородов бензина, дизельного топлива и моторного масла при физико-химическом разрушении, дегазации и ультрафиолетовой деструкции ассимилируются, а тяжелые фракции – аккумулируются в почве [83].

Источником углеводородов придорожных территорий, так же является асфальт, в результате нагрева и истирания которого, происходит загрязнение прилегающего к автодорогам почвенно-растительного покрова углеводородами нефтяного происхождения [21].

Имеются исследования, согласно которым, в результате загрязнения почвы углеводородами, почвенные условия изменяются в сторону увеличения гидрофобности и анаэробности, что приводит к образованию на поверхности семян и корней гидрофобной пленки, затрудняющей газообмен и поступление в них воды [99].

Ряд авторов указывают, что невысокие концентрации углеводородов не оказывают негативного влияния на растения и могут стимулировать рост сельскохозяйственных культур [68, 79, 80].

К высокотоксичным веществам, загрязняющим придорожные экосистемы, источником которых является автотранспорт, относятся альдегиды, в частности формальдегид HCHO , акролеин $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$, уксусный альдегид CH_3CHO .

Ряд авторов отмечают, что выбросы формальдегида от выхлопных газов намного превышают таковые от стационарных источников. Это объясня-

ется тем, что время сжигания топлива в двигателях внутреннего сгорания ограничено долями секунды, также полному сгоранию топлива автомобильного двигателя препятствует низкая температура стенок камеры. Эти факторы способствуют формированию продуктов неполного горения, и содержащийся в них формальдегид обладает высокой токсичностью по отношению к сельскохозяйственным растениям [66].

Анализ литературных источников показал, что наиболее полно изучено токсическое действие формальдегида на человека и животных. Однако имеются отдельные труды, в которых рассматриваются механизмы биохимического воздействия на растения. Так, изменение биохимических показателей растений под воздействием формальдегида исследовано Л.И. Бельчинской, Н.А. Ходосовой (2009); Л.А. Новиковой (2005) и др. Авторами установлено, что воздействие формальдегида на растения сопровождается нарушением белкового обмена, снижением содержания микро- и макроэлементов в листьях, уменьшением содержания хлорофилла [92, 128].

В выбросах бензиновых двигателей, помимо оксидов углерода, азота и серы, содержатся тяжелые металлы и хлор. К наиболее опасным загрязняющим веществам относятся свинец и кадмий.

Тetraэтиловый свинец выделяется с отработанными газами в виде высокотоксичных галогенных соединений. Наиболее крупные частицы свинца оседают в придорожной полосе на расстоянии от 0 до 50 м, при этом на этих территориях формируются зоны интенсивного загрязнения почв свинцом [110].

Исследованиями установлено, что при отработке одного литра бензина в окружающую среду поступает от 200 до 500 мг свинца. Имеются данные о негативном влиянии свинца на рост и развитие сельскохозяйственных растений. В частности, выявлено, что при загрязнении придорожных почв свинцом происходят изменения в метаболизме растений за счет нарушения биосинтеза ферментов. Следствием этого, является ухудшение роста растений, а также замедляется процесс созревания плодов. Помимо этого, свинец имеет

свойство накапливаться в межклетниках растений, снижая, в целом, качество сельскохозяйственной продукции.

Высокой токсичностью по отношению к растениям обладает кадмий, который содержится в автомобильных выбросах, а также поступает в окружающую среду за счет истирания автомобильных шин. Кадмий, так же как свинец, замедляет рост растений, нарушает процесс фотосинтеза, дыхания, биосинтеза ферментов, что, в целом, приводит к замедлению обмена веществ, снижению метаболической активности и урожайности. Загрязнение растений кадмием приводит к таким проявлениям, как хлороз, появление пурпурной окраски, скручивание листьев [78].

К опасным загрязнителям агроценозов придорожных территорий также относится цинк. Поступление цинка в окружающую среду вдоль автодорог обусловлено стиранием оцинкованных деталей автомобиля, износа автомобильных шин, выбросов, образующихся в результате переработки автомобильных масел, в состав которых входят соединения цинка, обладающие антикоррозионными свойствами. Источником цинка на автомагистралях являются также антикоррозионные покрытия днища автомобиля. Таким образом, на современных автомагистралях формируются так называемые цинковые аномалии [97, 109].

В растениях цинк выполняет структурную и каталитическую функции. В частности, цинк входит в состав таких ферментов как фосфатаза, фосфолипаза, также цинк играет важную роль в активации многих ферментов.

Цинк принимает активное участие в синтезе белков и в метаболических процессах растений [12, 62]. В результате загрязнения, Zn переходит в труднорастворимые формы, вследствие чего нарушаются его структурная и ферментативная функции. При критическом загрязнении растений цинком развивается хлороз листьев и происходит замедление роста.

В совокупности, тяжелые металлы оказывают негативное влияние на все физиологические процессы растений: рост, развитие, фотосинтез, дыхание, обмен веществ.

Тяжелые металлы отрицательно воздействуют на рост, деление и растяжение клеток растения за счет увеличения продолжительности митоза. Высокие концентрации тяжелых металлов в растении являются причиной нарушения процесса расхождения хромосом, нарушения синтеза РНК, вызывают хромосомные aberrации. Причиной этих процессов является способность ионов тяжелых металлов связываться с белками и ферментами, участвующими в митозе, и снижать их активность [113].

В анализируемых нами исследованиях, изучено негативное влияние тяжелых металлов на прорастание семян. Установлено, что при высоких концентрациях тяжелых металлов прорастание семян может замедляться за счет ингибирования процессов деления и растяжения клеток зародыша [4, 6, 7, 45, 57, 59].

В литературных источниках, также имеются сведения о влиянии тяжелых металлов на замедление роста корней. Выявлено, что при повышенных концентрациях тяжелых металлов уменьшается длина главного корня, отмирают корневые волоски и, в целом, снижается биомасса корней, что в свою очередь приводит к нарушению процесса поглощения растением воды и минеральных веществ [111, 112, 114, 137].

В современной литературе, достаточно подробно изучено негативное влияние тяжелых металлов на развитие листовой пластинки растений и на процессы фотосинтеза. В частности, под воздействием тяжелых металлов уменьшается площадь листовой поверхности, а также число и размер устьиц [64].

При поступлении в растение высоких концентраций тяжелых металлов, происходит изменение толщины клеточной стенки, снижение количества хлоропластов и их размеров за счет уменьшения числа тилакоидов и протяженности мембран [63, 121]. Так, в мембране хлоропластов имеются белки, которые участвуют в переносе цинка и свинца в строму, в результате чего повреждается внутренняя структура органоидов [126]. В ряде исследований

выявлено отрицательное влияние тяжелых металлов на световые и темновые реакции фотосинтеза [139].

Доказано также негативное влияние тяжелых металлов на реакции фотофосфорилирования, подавляющее выход АТФ. Под действием тяжелых металлов замедляются процессы дыхания, что обусловлено снижением активности ферментов, изменениями в структуре мембран митохондрий, связанных с нарушением их проницаемости и транспорта электронов [120, 134].

Имеются труды, в которых исследовано негативное влияние тяжелых металлов на водный баланс растения [136, 138]. Под действием тяжелых металлов в тканях растений снижается общее количество воды, что обусловлено сужением диаметра сосудов и ситовидных трубок. «При очень высоких концентрациях тяжелых металлов по указанной причине может происходить настолько сильное ограничение поступления воды, что наблюдается гибель растений» [115].

Снижение количества воды в растении также обусловлено нарушениями, которые вызывают тяжелые металлы в корневой системе.

В ряде исследований, изучено влияние тяжелых металлов на снижение осмотического потенциала растений, что, в свою очередь, связано с уменьшением пластичности клеточных мембран и нарушением транспорта ионов [63, 64].

В настоящее время доказано негативное влияние тяжелых металлов на синтез каротина и хлорофилла [122]. В частности, исследован механизм сдвигов в структуре мембран хлоропластов, которые приводят к снижению интенсивности фотосинтеза.

Таким образом, обобщение литературных источников показало, что токсичные вещества, содержащиеся в выбросах автотранспорта, негативно влияют на метаболизм сельскохозяйственных культур, произрастающих в придорожных агроценозах. В результате замедляется рост и развитие растений, а, следовательно, происходит уменьшение как надземной, так и подземной биомассы.

В результате загрязнения почв придорожных экосистем, микроэлементы, необходимые для жизнедеятельности растений, могут переходить в труднодоступные формы, что влияет на все физиологические процессы и приводит к значительному снижению урожайности.

1.2 Морфобиологическая и агроэкологическая характеристика подсолнечника

Подсолнечник относится к семейству астровых (*Asteraceae* L.), полиморфному роду *Helianthus*.

Подсолнечник культурный (*Helianthus cultus* Wenzl), – важная масличная и кормовая сельскохозяйственная культура, имеющая большое народнохозяйственное и стратегическое значение в России.

В составе посевного подсолнечника, имеется четыре группы разновидностей: «севернорусская – *borealiruthenici* Wenzl; среднерусская – *medioruthenici* Wenzl; южнорусская – *austroruthenici* Wenzl; армянская – *armeniaci* Wenzl» (Таблица 2) [117].

В работах А.И. Гундаева, А.Б. Дьякова, В.К. Морозова, В.С. Пустовойта и других исследователей изучались морфобиологические характеристики подсолнечника и их влияние на его урожайность [46, 53, 54, 85, 106, 107].

Полевая культура подсолнечника имеет прямостоячий стебель, стержневую корневую систему, соцветие – корзинка, плод – семянка [11, 17, 18, 54].

Прямостоячий стебель подсолнечника заполнен губчатой тканью, имеет высоту 0,4-4,5 м. Поверхность стебля покрыта волосками, которые защищают растение от испарения влаги [105, 123].

Таблица 2 – Признаки групп разновидностей подсолнечника [117]

Группа	Вегетационный период, дней	Высота растений, см	Ветвистость стебля	Число междоузлий	Размер семян, мм	Панцирность семян
Севернорусская	75-120, скороспелые и среднеспелые	65-125	Преимущественно не ветвящиеся	10-20	8-11	Преимущественно панцирные
Среднерусская	90-135, среднеспелые и позднеспелые	120-190	То же	14-25	8-14	То же
Армянская	110-135, среднепоздние	130-200	Верхушечноветвящиеся	18-26	12-25	Беспанцирные
Южнорусская	130-165, позднеспелые	200-400	Неветвящиеся и верхушечноветвящиеся	30-40	10-14	Преимущественно беспанцирные

Генетические особенности сортов или гибридов, обеспеченность влагой и элементами минерального питания обуславливают высоту и толщину стебля подсолнечника. Так, высота стебля варьирует от 0,4 до 3 м, а его диаметр достигает 5-8 см у основания и постепенно уменьшается с высотой [123]. Стебель подсолнечника продолжает расти до завершения фазы образования корзинки.

Корневая система стержневая, хорошо развита, главный корень, может проникать в почву на глубину 3 и более метра, что обеспечивает культуре высокую засухоустойчивость. Придаточные корни так же хорошо развиты и прорастают в почве в стороны до 100-120 см [15].

Морфологические особенности листового аппарата характеризуются наличием простых черешковых листьев без прилистников. Поверхность листьев шершавая и покрыта короткими волосками, которые участвуют в терморегуляции растения и сохранении влаги. Устьица в эпидермисе листа расположены беспорядочно, их щели направлены в разные стороны, на нижней стороне листа их в 1,5-2 раза больше, чем на верхней.

Количество листьев на одном растении за период вегетации достигает 20-34 штук, размеры листовой пластинки определяются расположением и ориентацией относительно света [16].

Число листьев у данной культуры не является постоянным, оно варьирует от 24 до 32 штук и определяется как условиями произрастания, так и особенностями агротехнических приемов выращивания [18]. Рост листьев, за исключением прикорзиночных, продолжается до начала цветения. Исследованиями доказано, что количество листьев на растении является одним из определяющих факторов биопродуктивности (урожайности) подсолнечника.

Так, И.Д. Ткалич (2011) выявил, что при удалении здоровых листьев, особенно в фазе образования корзинки, значительно снижается урожайность подсолнечника, в частности, им было установлено, что удаление у растений 50% верхних листьев, может привести к снижению урожайности на 72% [123].

Соцветие культуры представляет собой крупное цветоложе. Корзинка заполнена трубчатыми обоеполыми цветками, диаметр корзинки колеблется от 10 до 25 см у гибридов и до 40 см у сортов [85].

«Плод подсолнечника – семянка, представляет собой заключенный в семенную оболочку зародыш, состоящий из двух семядолей и находящейся между ними почечки-корешка. Лучшие гибриды подсолнечника имеют содержание масла до 52-55% [16].

В настоящее время, сорта подсолнечника подразделяются по размерам семян, масличности и лузжистости [106].

Высокомасличные сорта характеризуются масличными сеянками, длиной «8-14 мм, массой 1000 семян – 35-80 г, низкой лузжистостью – 22-36%, содержанием жира в ядре – 53-63%, что составляет – 40-56% масла в сеянке». Низкомасличные сорта – грызовые, имеют крупные сеянки «(длина 15-25 мм, масса 1000 семян – 100-170 г, лузжистость высокая – 42-56%), ядро не полностью заполняет полость сеянки, масличность низкая

(20-35%)» [49]. Такие сорта, в основном, используются как кормовые культуры.

В агроэкологическом плане, подсолнечник относится к неприхотливым сельскохозяйственным культурам. Прорастание семян подсолнечника происходит при температуре – 4-6 °С, проросшие семена и молодые всходы хорошо переносят похолодания и даже заморозки [54]. В связи с такой устойчивостью к низким температурам, данная культура достаточно широко культивируется с запада на восток.

Биологические особенности сорта или гибрида определяют продолжительность периода вегетации подсолнечника и его потребность в тепле. Так, «для скороспелых сортов и гибридов сумма активных температур составляет – 1850 °С, раннеспелых – 2000 °С, среднеспелых – 2150 °С» [18].

Семена подсолнечника устойчивы к низким температурам при прорастании. Однако растения подсолнечника очень теплолюбивы, поскольку в различные фазы роста и развития меняется их потребность в тепле.

Наиболее благоприятные условия в период вегетации подсолнечника создаются при температурах +20...+25 °С, при повышении температуры до +37 °С и выше фотосинтез замедляется, а при +48 °С полностью прекращается [107].

Высокие температуры отрицательно воздействуют на генеративные органы подсолнечника. По данным И.Д. Ткалич (2011), пыльца растений погибает при температуре выше +30 °С, а при повышении температуры до +35...+37 °С снижается продуктивность, размер маслосемян и ухудшается качество урожая [123].

Все сорта и гибриды подсолнечника обладают высокой засухоустойчивостью. Хорошо развитая стержневая корневая система позволяет подсолнечнику извлекать воду из глубоких слоев почвы. Засухоустойчивости также способствуют морфологические особенности стеблей, листьев и устьиц. Так, благодаря опушенности стеблей и листьев, а также приспособленности усть-

иц к постоянной транспирации, высокая засухоустойчивость культуры сохраняется до самого начала цветения [53, 106, 107].

Однако, несмотря на хорошую засухоустойчивость, подсолнечник имеет высокий транспирационный коэффициент, который по данным исследователей варьирует от 400 до 700 [101]. В связи с этим, для нормального развития подсолнечника важное значение имеет гидрогеологический режим территории. В различных районах возделывания за период вегетации подсолнечник потребляет от 500 до 700 мм воды, при этом водопотребление культуры достигает 3200-5000 т/га [43].

Все сорта и гибриды подсолнечника очень требовательны к свету, при недостатке солнечного света рост и развитие подсолнечника замедляются. Однако, согласно исследованиям ряда авторов, прямые солнечные лучи негативно влияют на цветки и семянки подсолнечника, поэтому важным фактором урожайности является угол наклона корзинки по отношению к солнечным лучам [89].

Подсолнечник очень требователен к почвенному плодородию. Это растение хорошо развивается на черноземных и каштановых почвах, а также на наносных почвах речных долин.

Все сорта и гибриды подсолнечника требовательны к условиям питания, особенно в период формирования корзинки и созревания маслосемян. Для образования 1 кг маслосемян подсолнечника требуется азота – 50 мг, фосфора – 20-25 мг, калия – 120-160 мг.

Согласно Д.С. Васильеву (1983), подсолнечник в своем развитии проходит через пять фаз вегетации [16]. В каждый из периодов подсолнечнику требуются специфические агроэкологические условия для роста и развития.

В течение первого периода происходит прорастание семян и появление всходов. При температуре почвы 10-12 °С, всходы появляются уже через 10-14 дней.

В течение второго периода интенсивно осуществляется органогенез, происходит формирование зачатков корзинки и цветковых бугорков. Число листьев достигает – 18-20.

В течение третьего периода интенсивно происходит и заканчивается рост и развитие всех вегетативных и генеративных органов. Активно развиваются язычковые и трубчатые цветки, околоплодник, тычиночные нити, разворачивается обертка корзинки, пыльники выходят из венчиков.

Во время четвертого периода происходит цветение, оплодотворение завязи и созревание семян. Период цветения наступает через 50-60 дней после всходов и продолжается до 25 дней. После того как период цветения заканчивается, увеличение корзинки продолжается в течение 8-10 дней вплоть до ее пожелтения. Рост семян завершается на 14-16 день, после оплодотворения завязи. Затем примерно через 20-25 дней осуществляется накопление в семенах питательных веществ и влаги. Физиологическая спелость наступает при содержании влаги в семенах 36-40%.

В пятом периоде наступает полная спелость, влажность семян уменьшается до 12-14% и подсолнечник достигает, так называемой хозяйственной спелости, при которой маслянистость маслосемян может достигать 53%.

В.С. Пустовойт (1975) классифицирует сорта и гибриды подсолнечника таким образом: скороспелые, с периодом вегетации 80-90 дней, раннеспелые, вегетация которых продолжается 90-100 дней и среднеспелые с периодом вегетации 100-110 дней [107]. Представители каждого класса, в настоящее время, районированы в различных регионах России, и в зависимости от природно-климатических и почвенных условий имеют различные показатели урожайности и масличности. Они культивируются преимущественно на Северном Кавказе, юге Поволжья и в Центрально-Черноземном регионе, в том числе в Воронежской области. Средняя урожайность этих культур составляет – 2-3 т/га, масличность – 42-55%.

Сорта и гибриды подсолнечника обладают способностью к высокой морфобиологической изменчивости, что, по мнению исследователей, дает

данной культуре высокую устойчивость к негативным воздействиям. Сорты и гибриды подсолнечника, благодаря сложному составу биотипов каждого сорта – популяции, обладают высокой пластичностью и устойчивостью, вследствие чего данная культура способна в разных условиях давать хорошие урожаи [46, 106, 108].

Это морфобиологическое свойство подсолнечника особенно актуально для наших исследований, так как в условиях влияния выбросов автотранспорта на придорожные агроценозы подсолнечника, устойчивость данной культуры к загрязнениям имеет важное значение.

Таким образом, подсолнечник – ценная масличная и кормовая сельскохозяйственная культура, имеющая большое народнохозяйственное и стратегическое значение в России. Благодаря морфобиологическим особенностям, таким как корневая система, строение листьев, стебля, маслосемян, подсолнечник характеризуется устойчивостью к дефициту влаги и весенним похолоданиям, что в свою очередь имеет важное значение для биопродуктивности (урожайности) культуры.

Большое разнообразие, а также различная продолжительность периодов вегетации раннеспелых и среднеспелых сортов и гибридов, которые обладают способностью к морфобиологической изменчивости, обуславливают высокую устойчивость подсолнечника к негативным воздействиям. Следовательно, можно предположить, что данная культура способна давать высокие урожаи в условиях техногенного загрязнения.

1.3 Агрэкологическая устойчивость подсолнечника к антропогенной нагрузке

В результате воздействия выбросов автомобильного транспорта на придорожные агроценозы, значительные площади сельхозугодий характеризуются загрязнением почвенных горизонтов, а также снижением биопродуктивности (урожайности). Основной причиной данной проблемы является ин-

тенсивное поглощение сельскохозяйственными культурами загрязняющих веществ, которые в системе почва – растение переходят в подвижные формы.

Дальнейшее загрязнение почв агроценозов связано с применением повышенных доз минеральных удобрений, которые, наряду с выбросами автотранспорта, являются источниками загрязнения почв тяжелыми металлами [10, 52, 60, 87].

Таким образом, система почва – растение является не только зоной накопления загрязняющих веществ, но и зоной их выноса, по которой осуществляется миграция химических элементов [8, 88, 129]. При этом часть токсикантов, в частности, подвижные формы тяжелых металлов, могут расходоваться на физиологические процессы роста и развития растений, а часть накапливаться в их вегетативных органах [141].

Масличный подсолнечник относится к культурам, в которых полезной частью растения являются маслосемена, относящиеся к генеративным органам. Вегетативные органы подсолнечника, в которых накапливаются загрязняющие вещества, а также сухая часть маслосемян, остающаяся после отжима, идут в отходы. Таким образом, благодаря этим особенностям, данная культура может выращиваться на территориях, подверженных техногенному загрязнению, в том числе и в зоне влияния автотранспорта.

Подсолнечник, за период вегетации, выносит из почвы большое количество элементов питания, от этого зависит биопродуктивность (урожайность) данной культуры. К основным элементам, которые необходимы для нормального роста и развития подсолнечника, а также высокой урожайности культуры, относятся N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg.

Потребность подсолнечника в отдельных элементах питания, и соответственно интенсивность их поглощения, отличается некоторыми особенностями в определенные фазы его развития. По данным В.А. Щербакова (1988), «на образование единицы урожая (ц) подсолнечник поглощает 4...6 кг N, 2...5 кг P₂O₅, 10...12 кг K₂O, около 1,7 кг MgO и 3,0 кг SO₄» [133].

Подсолнечник, начиная с этапа прорастания семян, активно потребляет азот, который входит в состав нуклеиновых кислот и ферментов, он необходим для роста и развития листовых пластин культуры, замедления процессов старения листьев, формирования цветков и накопления питательных веществ в корзинке. Таким образом, азот активно накапливается в листьях и стеблях подсолнечника, он также является основным запасным веществом корзинки [5]. Азот способствует интенсивному росту вегетативных органов и корзинок, однако при его избытке вегетативная часть подсолнечника интенсивно нарастает и соответственно использует воду, вследствие этого, может сформироваться недостаток влаги в генеративных органах, что может привести к повышению восприимчивости культуры к болезням и вредителям. Также доказано, что избыток азота значительно снижает масличность маслосемян. Максимальное количество азота подсолнечник выносит от начала образования корзинки до фазы цветения [18]. При оптимальном снабжении подсолнечника азотом закладывается большее количество цветков в корзинках и интенсивнее накапливаются белки в маслосеменах [14, 25].

Потребность в фосфоре у подсолнечника небольшая, однако, в процессе роста и развития подсолнечник практически полностью выносит фосфор из почвы. Накапливается фосфор, в основном, в стеблях и днище корзинок, в процессе роста и развития культуры он перемещается по растению из вегетативных в генеративные органы. Фосфор способствует более мощному развитию корневой системы подсолнечника, заложению репродуктивных органов с большим числом зачаточных цветков в корзинке.

В ряде исследований отмечено, что фосфор способствует накоплению жиров в маслосемянках, соответственно повышая масличность [25]. По данным И.Н. Чумаченко (2003), «фосфор участвует во всех этапах переноса энергии в клетках, в том числе во всей цепи процессов от фотосинтеза в листьях до биосинтеза жира в маслосеменах» [130].

Важное значение для роста и развития подсолнечника имеет калий. По данным В.В. Полевого (1989), этот элемент участвует в процессе увеличения

площади листовой пластинки и синтезе хлорофилла, а также «в активном транспорте ассимилятов из листьев к генеративным органам» [98].

Калий также расходуется на процессы фотосинтеза, участвует в водном и углеводном обмене, регулировании тургора клеток, синтезе и активации ферментов [25]. Максимальное количество калия расходуется подсолнечником от образования корзинки до созревания маслосемян.

В связи с высокой активностью фотосинтеза, подсолнечник выносит из почвы большое количество магния, который входит в состав хлорофилла. Магний поступает в подсолнечник в биодоступных формах в виде ионов. Помимо этого, магний является активатором энзимов и соответственно принимает участие в метаболических процессах растения [124].

Исследованиями доказано, что на «поступление магния в растения могут оказывать существенное влияние такие конкурирующие ионы, как калий и марганец. С усилением транспирации, растения увеличивают потребление магния, поэтому его достаточное поступление в периоды наибольшего потребления элементов, таких как азот, калий, сера, обеспечивающих формирование урожая, является важным для наиболее полной реализации биопотенциала растений» [22].

Магний расходуется подсолнечником для транспорта фосфора, синтеза сахаров, перераспределения крахмала, образования жира в маслосеменах [140]. Избыток магния в почве может приводить к осолонцеванию, при этом данный элемент может накапливаться в почве вокруг корней растений [15].

В почвах придорожных агроценозов присутствуют повышенные концентрации микроэлементов, которые являются для растений токсичными. Избыток этих элементов, может с одной стороны, негативно влиять на урожайность растений, а с другой – накапливаться в культурах, снижая качество продукции.

Так, например, свинец, несмотря на его токсичность, необходим для растений в концентрации на уровне 2-6 мкг/кг. «Стимулирующее действие свинец оказывает на поглощение кадмия корнями растений, что связано с

нарушением переноса ионов через мембрану» [112]. Токсическое действие свинца снижается при внесении в почву фосфорных удобрений. Также транспорт и перенос свинца из корней в побеги замедляет сера. Поглощение свинца растениями происходит пассивно. Свинец обладает низкой растворимостью, но, несмотря на это, он поглощается корневыми волосками подсолнечника и задерживается в клетках вегетативных органов.

С выбросами автотранспорта верхний горизонт почв придорожных территорий загрязняется цинком. Цинк обладает высокой мигрирующей способностью в гидрогеологической среде, а также значительной биодоступностью. В этой связи, за период вегетации большое количество цинка выносятся вегетативной массой подсолнечника. В подсолнечнике цинк, так же как и магний, накапливается, в основном, в корневой системе. Фосфор и сера снижают биодоступность цинка для растений [62].

Следующий токсичный элемент, обладающий высокой подвижностью в почвах и биодоступностью для растений, – кадмий. Cd может поступать в подсолнечник двумя путями: через корневую систему и через листовые пластинки, на которые он попадает в форме аэрозолей. Тяжелые металлы, которые накапливаются в вегетативной части, не влияют на качество урожая, однако они могут служить переносчиками кадмия, такими свойствами обладают ионы цинка, меди, железа, магния. Таким образом, проникая на первых этапах в подсолнечник через корневую систему, биодоступность кадмия обусловлена избирательностью транспорта микроэлементов с участием ионных каналов и переносчиков [135].

Поскольку придорожные агроценозы испытывают отрицательное влияние выбросов автомобильного транспорта, значительные площади сельхозугодий характеризуются снижением биопродуктивности (урожайности), вследствие загрязнения почвы токсичными веществами. В этой связи, на данной территории целесообразно выращивать сельскохозяйственные культуры, устойчивые к техногенному загрязнению.

Подсолнечник за период вегетации выносит из почвы большое количество элементов питания, в том числе и тяжелые металлы. Анализ литературных данных показал, что эти элементы и соединения расходуются на рост и развитие подсолнечника, и аккумулируются, в основном, в вегетативных органах растения, которые не относятся к основной продукции.

Исходя из вышеизложенного, требуется обобщение накопленных данных о влиянии тяжелых металлов на сельскохозяйственные культуры и дальнейшие исследования, позволяющие оценить биоресурсный потенциал подсолнечника в агроценозах с повышенной антропогенной нагрузкой.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Географическое положение Верхнехавского района Воронежской области

Верхнехавский район расположен в северной части Воронежской области: с севера граничит с Добринским и Усманским районами Липецкой области, с востока – с Эртильским муниципальным районом Воронежской области, с юга – с Новоусманским и Панинским муниципальными районами Воронежской области, с запада – с Рамонским муниципальным районом Воронежской области [119].

Верхнехавский район расположен в пределах северо-западной лесостепной подзоны Окско-Донской низменности. Координаты района $51^{\circ}54'$ северной широты и $40^{\circ}08'$ восточной долготы.

2.2 Климатические и метеорологические условия

Территория Верхнехавского района, согласно данным агроклиматического районирования, относится к 1 агроклиматическому району [3].

Агроклиматические условия района определяются особенностями физико-географического положения, господствующими воздушными массами и их особенностями, температурным режимом и режимом осадков.

В формировании климата принимают участие ветры, направление которых меняется в зависимости от сезонов года. В зимний и осенний периоды в районе исследования преобладают ветры западного направления. В весенний сезон, на территорию приходят ветры с юго-востока, летом, в формировании климата принимают участие ветры северного и северо-восточного направления.

Климат района характеризуется умеренной континентальностью. Зима умеренно-холодная, лето теплое, иногда жаркое. Средняя температура января $-9,5^{\circ}\text{C}$, июля $+19,8^{\circ}\text{C}$.

Зимний сезон продолжается 141 день. Важной агроклиматической характеристикой является снежный покров, средняя высота которого составляет -31 см. Число дней с устойчивым снежным покровом – 120 дней, сход снега приходится на конец марта.

Летний сезон имеет продолжительность 106 дней и характеризуется как теплый и полусухой.

Продолжительность периода вегетации с температурой воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$ составляет 155 дней, безморозного – 150 дней, что указывает на возможность возделывания теплолюбивых культур [3].

Переход температуры воздуха через 0°C , происходит 30 марта, через $+5^{\circ}\text{C}$ – 13 апреля, через $+10^{\circ}\text{C}$ – 27 апреля и через $+15^{\circ}\text{C}$ – 18 мая. Средняя дата последнего заморозка – 2 мая. Осадков выпадает по декадам весеннего сезона 9-14 мм, т.е. весенний сезон засушливый [119].

Осенний сезон начинается при переходе температуры через $+15^{\circ}\text{C}$ (сентябрь) и заканчивается при переходе температур через 0°C (ноябрь). Осенний сезон продолжительный и полусухой.

Большая часть осадков приходится на теплый период года. В годовом ходе осадков прослеживается закономерность, которая заключается в том, что 50% осадков приходится на летний сезон года. Однако динамика выпадения осадков характеризуется неравномерностью, в частности кратковременные ливневые осадки, чередуются с засушливыми периодами, что, несомненно, может негативно сказываться на росте и развитии сельскохозяйственных культур. Засухи могут повторяться с периодичностью примерно один раз в три года.

Средние температуры воздуха и количество осадков в Верхнехавском районе по месяцам представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Температура воздуха и осадки по месяцам
в Верхнехавском районе [119]

По месяцам	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	За год
Темпе- ратура воздуха средняя, °С	-9,5	-9,5	-4,1	5,6	14,3	17,5	19,8	18,3	13	5,8	-1,1	-7,2	5,2
Осадки, мм	30	24	27	29	48	61	72	60	41	41	36	35	504

Важным агроклиматическим фактором для развития подсолнечника является теплообеспеченность, показатель которой определяется суммой активных температур [58].

Влагообеспеченность территории складывается из суммарного количества осадков и является одним из основных агроклиматических показателей. В Верхнехавском районе, годовое количество осадков составляет 500-550 мм, при этом большая часть осадков приходится на летний период [131].

В целом, климат изучаемого района характеризуется как умеренно-континентальный, продолжительность безморозного периода в сочетании с режимом увлажнения благоприятны для выращивания подсолнечника.

В период исследований с 2013 по 2017 гг. складывались различные метеорологические условия (Таблица 4).

Таблица 4 – Метеорологические условия в период проведения исследований
(данные метеостанции «Воронеж»)

Годы	Месяцы											
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Среднемесячная температура воздуха, °С												
Среднемного- летние	6,9	-0,4	-5,0	-6,1	-6,5	-1,0	8,3	14,8	18,5	20,5	19,2	13,3
2013/2014	7,3	4,8	-2,5	-8,6	-6,5	2,9	8,8	18,5	18,5	22,3	21,8	14,4
2014/2015	5,9	-0,8	-3,4	-4,7	-3,3	1,7	8,1	16,3	20,7	21,1	19,8	17,6
2015/2016	5,1	2,4	0,0	-8,0	0,5	2,6	10,3	15,1	19,6	22,6	22,0	13,0
2016/2017	6,1	-1,1	-5,9	-6,4	-5,4	3,7	8,5	13,9	17,2	20,3	21,6	15,1
Сумма осадков, мм												
Среднемного- летние	50	46	44	41	37	33	38	46	74	62	52	61
2013/2014	51	28	20	62	26	24	32	42	99	2	47	5
2014/2015	18	7	69	25	62	4	62	22	72	50	30	16
2015/2016	20	97	67	88	43	64	168	76	45	39	63	33
2016/2017	25	79	49	52	29	33	45	24	64	62	45	34

В вегетационный период, 2013/2014 сельскохозяйственный год был неблагоприятным для возделывания большинства культур, поскольку характеризовался повышенной температурой и неустойчивым режимом увлажнения.

В 2014 году весна была ранняя, а сумма осадков ниже средней многолетней величины. В марте отмечался дефицит осадков, среднемесячная температура составила 2,9 °С, что существенно выше нормы. В апреле температурный режим был близок к среднемноголетним данным, а в мае выше на 4,3°С при недостаточном количестве осадков.

В июне преобладала дождливая погода, сумма осадков на 25 мм превышала норму, что способствовало пополнению запасов влаги в почве, температура соответствовала среднемноголетним значениям. Июль был жарким и засушливым, за месяц выпало всего 2 мм осадков (3,2% нормы) на фоне повышенной температуры воздуха. В августе выпало 47 мм осадков, что на 5 мм ниже нормы, а температура была на 2,6 °С выше.

Осенью 2014 г. погодные условия были неблагоприятными. В сентябре при небольшом повышении температуры, осадков выпало всего 5 мм или 8,2% среднемноголетней нормы. Последующие месяцы осени характеризовались пониженной температурой и дефицитом осадков, что отрицательно сказалось на накоплении запасов влаги в почве. Так, в октябре выпало 18 мм осадков, а в ноябре – всего 7 мм, что соответственно на 32 и 39 мм ниже среднемноголетних значений.

Метеорологические условия 2014/2015 сельскохозяйственного года характеризовались неустойчивым режимом увлажнения. Весна 2015 г. была ранней и засушливой. В марте выпало всего 4 мм осадков, что на 29 мм ниже нормы. В апреле дожди пополнили запасы влаги в почве, что благоприятно сказалось на появлении всходов, температура была близка к среднемноголетней. Май был теплым и характеризовался дефицитом осадков, количество которых было в 2 раза ниже нормы.

В июне режим увлажнения был на уровне среднемноголетних значений, при небольшом повышении температуры. В июле, августе температур-

ный режим находился в пределах нормы, при этом дефицит осадков составил соответственно 12 и 22 мм. Однако это не отразилось на развитии подсолнечника и получении высокого урожая хорошего качества.

Сентябрь был очень теплым и засушливым, среднемесячная температура была на 3,3 °С выше нормы, осадков выпало всего 16 мм. Октябрь, также характеризовался недостаточными условиями увлажнения. В ноябре преобладала теплая и дождливая погода, среднемесячная температура составила 2,4 °С, а сумма осадков в 2 раза превысила норму.

Весна 2016 г. характеризовалась повышенным температурным фоном и обилием дождей. В марте отмечалось увеличение температуры до 2,6 °С и количества осадков до 64 мм, что в 2 раза выше среднегодовых значений. В апреле выпало 168 мм осадков, сумма которых в 4,4 раза превысила норму. В мае сохранилась дождливая погода, осадков выпало на 30 мм выше нормы при температуре близкой к среднегодовой.

В июне и июле была жаркая погода с неустойчивым режимом увлажнения, дефицит осадков составил соответственно 29 мм и 23 мм. Однако после весенних дождей в почве оставались запасы продуктивной влаги, что положительно повлияло на рост и развитие подсолнечника. В августе выпало избыточное количество осадков (121,2% нормы), при этом температурный фон был повышенный.

В сентябре, октябре 2016 г. преобладала теплая и сухая погода, осадков выпало в 2 раза меньше от среднегодовых значений. Ноябрь был на 0,7°С холоднее обычного и характеризовался большим количеством атмосферных осадков, сумма которых составила 79 мм или 171,7% нормы.

В 2017 г. весна наступила рано. Март был очень теплый со среднемесячной температурой 3,7 °С, что на 4,7 °С превышало норму, сумма осадков соответствовала среднегодовым значениям. В апреле выпало большое количество осадков, температура воздуха была в пределах нормы. Май был прохладный и характеризовался недостаточным количеством осадков, которых выпало в 2 раза меньше месячной нормы.

В июне температурный режим и условия увлажнения, также, были ниже среднесуточных значений, что отрицательно сказалось на развитии подсолнечника и формировании урожая. Погодные условия июля не отличались от нормы. Август характеризовался жаркой погодой и небольшим дефицитом осадков. Сентябрь был теплым с неустойчивым режимом увлажнения, среднемесячная температура составила 15,1 °С, при этом выпало 34 мм осадков или 55,7% нормы.

Для оценки влагообеспеченности растений в агрометеорологии используется гидротермический коэффициент (ГТК). По показателям гидротермического коэффициента годы делятся на классы: более 1,6 – переувлажнен; 1,3-1,6 – достаточно увлажнен; 1,0-1,3 – слабозасушливый; 0,7-1,0 – засушливый; 0,4-0,7 – очень засушливый; менее 0,4 – сухой.

Гидротермический коэффициент рассчитывался за период с температурами выше 10°C (Таблица 5).

Таблица 5 – Гидротермический коэффициент по месяцам теплого периода

Годы	Месяцы					Среднее за вегетационный период
	V	VI	VII	VIII	IX	
2014	0,76	1,78	0,03	0,72	0,12	0,68
2015	0,45	1,16	0,79	0,51	0,30	0,64
2016	1,68	0,77	0,58	0,95	0,85	0,97
2017	0,58	1,24	1,02	0,69	0,75	0,86

Согласно полученным данным, 2014 и 2015 сельскохозяйственные годы характеризуются как очень засушливые (ГТК = 0,4-0,7), а 2016 и 2017 годы – как засушливые (ГТК = 0,7-1,0).

Таким образом, на основании анализа агрометеорологических условий за период с 2013 по 2017 гг. можно сделать следующие выводы:

1. Годы исследований различались по показателям влагообеспеченности и температурному режиму. Наиболее неблагоприятные погодные условия складывались в 2014 и 2017 годах. Весной 2014 г. наблюдался дефицит осад-

ков при повышенных температурах воздуха. В июле сельскохозяйственные культуры испытывали недостаток влаги в почве особенно остро, что неблагоприятно повлияло на их рост и развитие. В августе преобладала жаркая погода, при этом сумма осадков была меньше среднееголетних значений. Весна 2017 г. была очень ранней, в марте среднемесячная температура значительно превышала норму. В мае и июне температурный режим и условия увлажнения были ниже среднееголетних значений, что отрицательно отразилось на формировании урожая подсолнечника.

2. Относительно благоприятными по агрометеорологическим условиям оказались 2015 и 2016 годы, которые характеризовались достаточным количеством атмосферных осадков и тепла в вегетационный период, что положительно повлияло на развитие подсолнечника и получение урожая.

3. Гидротермический коэффициент изменялся в широких пределах по месяцам теплого периода. Наименьшие значения данного показателя наблюдались в июле и сентябре 2014 г., что обусловлено дефицитом осадков. Наибольшая величина ГТК отмечается в июне 2014 г. и мае 2016 г., поскольку сумма осадков значительно превышала среднемесячную норму. В остальные периоды не наблюдалось резких колебаний значений этого показателя.

2.3 Геология, рельеф и гидрология

По геоморфологическому районированию Воронежской области территория Верхнехавского муниципального района относится к низменной северной части, занимающей южную окраину Окско-Донской равнины [119].

Геологическое строение территории имеет очень важное значение и определяет формирование рельефа и почвенного покрова, распределение растительности, поверхностных и подземных вод [1].

В геологическом отношении район сложен мощной толщей песчано-глинистых отложений неогена и четвертичного периода, подстилаемой породами нижнего мела, юры, карбона и верхнего девона [127]. Неогеновые от-

ложения представляют собой разнообразные пески и глины. Они состоят из мелкозернистых зеленовато-серых и серых песков, а также в виде прослоек встречаются зеленые и серые глины [1]. Четвертичные отложения представлены водноледниковыми песками, валунными и покровными лессовидными суглинками на водоразделах, делювием на склонах долин и балок и аллювием на их дне [127].

Рельеф тесно взаимосвязан с геологическим строением местности. На территории Верхнехавского района рельеф представляет собой низменную плоскую слаборасчлененную равнину, расположенную в среднем на высоте 150 м над уровнем моря. Характерными формами микрорельефа являются котловинки, западины и блюдца [1].

По типу морфоскульптуры рельеф района исследований можно охарактеризовать как пологоувалистый [131]. Основными формами рельефа являются водораздельные пространства, представляющие собой плато с широкими, почти плоскими вершинами и растянутыми склонами, которые плавно переходят в поймы рек.

В геоморфологическом плане территория расчленена речными долинами, балками и оврагами, между которыми простираются водоразделы, занятые сельскохозяйственными угодьями.

Балки составляют с речными долинами единую гидрографическую сеть. Наряду с балками встречаются овраги, развивающиеся, главным образом, по днищам и склонам балок, а также по склонам речных долин [119]. Густота овражно-балочной сети района исследований составляет 0,4-0,5 км/км² [131].

Рельеф оказывает значительное влияние на характер и территориальное распределение естественных компонентов ландшафта, а также сельскохозяйственных угодий и автодорог.

Гидрология. Водные ресурсы Верхнехавского района представлены большим количеством рек (Хава, Усмань Байгора, Матреночка и др.), озер и

прудов. Также на территории района широко распространены заболоченные участки [119].

Основными реками в районе являются Хава и Усмань.

Хава – левый приток р. Усмань. Река Хава пересекает территорию района с севера на юг и делит его на две низменные части, со спокойным мягким рельефом [56]. Река Хава имеет спокойное течение воды в русле. Ее длина составляет 97 км.

Питание реки складывается из атмосферных осадков – дождя и снега, соответственно максимальный сток приходится на период весеннего снеготаяния. Уровень воды в реке меняется в пределах от 1 до 4 м, наиболее полноводной река становится в апреле (средний расход воды $8,3 \text{ м}^3/\text{с}$), а наименьший уровень воды наблюдается в середине лета [74].

Ледостав длится на Хаве иногда в течение полугода, слой льда в холодные и суровые зимы может достигать 1 м, средняя толщина льда за период зимних месяцев колеблется от 6 до 70 см. В теплые месяцы река несет донные отложения, коряги и особенно много взвешенных частиц. При этом река становится очень мутной и меняет цвет [84].

Усмань – левый приток реки Воронеж, имеет протяженность – 151 км. Питание реки, в основном, снеговое. Средний расход воды в 117 км от устья – $1,99 \text{ м}^3/\text{сек}$. Замерзает в ноябре – начале декабря, вскрывается в конце марта – апреле [119]. В бассейне р. Усмань располагается Воронежский биосферный заповедник.

Подземное и грунтовое питание рек умеренное и имеет значение только зимой и в конце лета. Грунтовые воды находятся близко к поверхности (3-5 м), вследствие чего на плоских междуречьях расположены западинные озера и болота [127].

2.4 Почвообразующие породы и почвы

Согласно материалам почвенного районирования Воронежской области [1], Верхнехавский район расположен в подзоне типичных мощных и среднemocных черноземов в лесостепной провинции Окско-Донской низменности.

Почвообразующие породы в Верхнехавском районе представлены покровными глинами и суглинками. Покровные отложения имеют в верхней части желто-бурую или буро-палевую окраску, лессовидную структуру, пылеватость в сухом состоянии. В нижней части они становятся более темными и плотными. В них встречаются включения в виде псевдомицелия, белоглазки, рыхлых скоплений. На покровных глинах и суглинках формируются черноземы глинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Отрицательным качеством покровных глин и суглинков является сравнительно легкая податливость размыву.

По отрицательным элементам рельефа с близким залеганием к поверхности третичных засоленных отложений сформировались солонцеватые почвы, солонцы и солоды. Эти породы характеризуются плохой водо- и воздухопроницаемостью, высокой плотностью и вязкостью при увлажнении.

Разнообразные формы рельефа и почвообразующие породы, уровни залегания грунтовых вод и многие другие факторы определяют структуру почвенного покрова Верхнехавского района. Пестрота почвенного покрова существенно влияет на организацию сельскохозяйственного производства, поэтому для более эффективного использования земель необходимо проводить их агропроизводственную типизацию (приложение А).

На севере Верхнехавского района сформировались черноземы типичные мощные. В южной части района возрастает интенсивность водной эрозии и здесь распространены черноземы типичные среднemocные.

В понижениях на плакорах с близким уровнем залегания грунтовых вод преобладают лугово-черноземные и черноземно-луговые почвы в комплексе с солонцами и солодями.

На склонах сформировались в разной степени смытые почвы, а в балках – сочетания балочных почв и аллювиально-делювиальные почвы днищ балок.

В поймах рек широко распространены луговые зернистые пойменные почвы [119].

Почва опытных участков представлена черноземами типичными.

Ниже представлены морфологические признаки чернозема типичного.

Горизонт Ап 0-24 см – свежий, темно-серый, глинистый, структура комковато-пылеватая, слабоуплотнен, корни растений, переход заметный по плотности.

Горизонт Ап/п 24-39 см – свежий, темно-серый, глинистый, структура комковато-зернистая, уплотнен, корней меньше, переход постепенный.

Горизонт В 39-77 см – свежий, темно-серый с буроватым оттенком, глинистый, структура комковато-зернистая, уплотнен, единичные корни растений, псевдомицелий, переход постепенный.

Горизонт ВС 77-114 см – свежий, бурый, глинистый, структура мелкокомковатая, плотный, карбонаты в форме псевдомицелия, переход постепенный.

Горизонт С 114-133 см – свежий, желто-палевый, глинистый, структура комковато-плитчатая, плотный, белоглазка.

Вскипание от 10% соляной кислоты с глубины 59 см.

Название почвы: чернозем типичный среднемоощный среднегумусный глинистого гранулометрического состава.

Черноземы типичные характеризуются наиболее темной окраской верхнего горизонта с нарастанием буроватого оттенка в горизонте В, хорошо

выраженной зернистой структурой, наиболее растянутым гумусовым горизонтом, вскипанием от 10% соляной кислоты на границе горизонтов В и ВС.

По гранулометрическому составу почвы глинистые, с содержанием частиц «физической глины» 62,4%.

Типичные черноземы характеризуются значительным содержанием гумуса в пахотном слое (6,1-7,3%). Вниз по профилю содержание гумуса постепенно уменьшается, что характерно для почв черноземного типа.

Реакция почвенного раствора в верхнем пахотном горизонте близкая к нейтральной (рН 5,6-6,0), а вниз по профилю подщелачивается.

Сумма поглощенных оснований высокая и составляет 29,5-32,4 мг-экв/100 г почвы. В составе поглощенных оснований большая часть приходится на долю кальция 24,4-28,8 мг-экв/100 г почвы, при этом, доля магния не превышает 5,1-3,6 мг-экв/100 г почвы.

В настоящее время в районе исследований обеспеченность черноземов типичных подвижным фосфором средняя и повышенная, а обменным калием – повышенная и высокая.

Таким образом, типичные черноземы характеризуются благоприятными показателями почвенного плодородия и являются наиболее пригодными для выращивания различных сельскохозяйственных культур, в том числе и подсолнечника.

2.5 Растительность

По ботанико-географическому районированию Верхнехавский район исследований относится к типичной лесостепи [67].

В настоящее время большая часть территории района занята сельскохозяйственными угодьями, естественная растительность сохранилась в виде узких полос, которые окаймляют овражно-балочные системы и произрастают в пойме. По бровкам и склонам балок и оврагов сформировалась лугово-

степная растительность, в составе которой преобладают дикорастущие злаки, бобовые и разнотравные ассоциации.

В злаковых ассоциациях водоразделов доминируют такие растения как типчак, мятлик луговой, разнотравные ассоциации представлены подорожником, одуванчиком, тысячелистником, видами полыни, встречаются также тысячелистник и цикорий. Сорные виды водоразделов представлены вьюнком, молочаем, лебедой, осотом и др.

Большая часть водоразделов занята сельскохозяйственными растениями, поэтому ведущей отраслью района является растениеводство. Сельскохозяйственные культуры, возделываемые в районе можно разделить на три группы: зерновые, (рожь, пшеница и др.), технические (сахарная свекла, подсолнечник и др.), а так же кормовые (кукуруза, рапс и др.).

Хозяйственно-ботанический состав сенокосов и пастбищ представлен, в первую очередь, разнотравьем, с преобладанием таких малоценных по кормовому достоинству растений, как тысячелистник обыкновенный, икотник серый, цикорий обыкновенный, из злаков доминирует типчак, реже пырей. В структуре растительного покрова в небольшом количестве встречаются бобовые растения – клевер луговой и ползучий, люцерна рогатый, люцерна серповидная и др.

По потяжинам и слабовыраженным понижениям на водоразделах, где сформировались лугово-черноземные почвы, получили распространение разнотравно-типчаковые и полынно-типчаковые типы кормовых угодий.

Основу травостоя разнотравно-типчаковой модификации составляет типчак, местами встречается пырей ползучий. Разнотравье представлено тысячелистником обыкновенным, цикорием обыкновенным, подорожником средним, геранью луговой, трехреберником непахучим; из бобовых – люцерна рогатый, донник желтый.

Доминантом полынно-типчакового типа кормовых угодий является типчак. Из разнотравья встречается полынь австрийская, тысячелистник обыкновенный, цикорий обыкновенный, подорожник средний.

На пойменных участках сформировались луговые ассоциации: костер безостый, лисохвост, ежа сборная, овсяница луговая, тимофеевка луговая и др.

На территории района лесная растительность представлена типичными для лесостепи видами. Из них преобладают дуб, тополь, ясень, береза, дико-растущие груши и яблони. Подлесок представлен такими кустарниковыми видами как орешник, крушина, черемуха [119].

2.6 Оценка техногенных факторов, влияющих на экологическое состояние придорожных агроценозов Верхнехавского района

Из техногенных факторов, основное влияние на агроценозы оказывает автотранспорт.

Верхнехавский район характеризуется развитой транспортной инфраструктурой и значительной протяженностью автодорог, которые расположены вне населенных пунктов.

По территории района проходит автомобильная трасса федерального значения Р193 «Воронеж – Тамбов», и дороги областного значения «Панино – Верхняя Хава – Малая Приваловка», «М-4«Дон» – Малая Приваловка – граница Липецкой области», «Воронеж – Тамбов – Правая Хава», «Орлово – Углянец».

Связь с населенными пунктами Верхнехавского района осуществляется по дорогам местного значения. Верхнехавский район хорошо связан с другими районами области, с областным центром г. Воронежем, а также с Липецкой областью. Осуществляется сообщение с г. Воронеж, с. Новая Усмань, п.г.т. Рамонь, п.г.т. Эртиль, п.г.т. Панино, населенными пунктами Липецкой области».

Общая протяженность автомобильных дорог Верхнехавского района составляет 708 км, из них дороги с интенсивным движением автотранспорта федерального значения – 38 км; областного значения – 255 км; местного зна-

чения – 415 км. Протяженность автодорог с твердым покрытием составляет 387 км, с грунтовым покрытием – 28 км.

По густоте автодорог в расчете на 1 км² территории район занимает 9 место в области. Плотность автомобильных дорог общего пользования составляет 22,9 км на 100 км² [61].

Влияние автомобильного транспорта на придорожные агроценозы определяется интенсивностью потока автотранспорта, которая различается в зависимости от категорий дорог.

Автомобильная трасса федерального значения Р193 «Воронеж – Тамбов» – автодорога II категории, с интенсивностью движения около 6000 единиц автотранспорта в сутки. Автодороги областного значения «Панино – Верхняя Хава – Малая Приваловка», «М-4«Дон» – Малая Приваловка – граница Липецкой области», «Воронеж – Тамбов – Правая Хава», «Орлово – Углянец» относятся к III категории дорог с интенсивностью движения примерно от 2000 единиц в сутки. На дорогах местного значения интенсивность движения примерно 200 единиц в сутки.

Согласно данным Госкомприроды Воронежской области, автотранспорт является основным источником загрязнения на территории Верхнехавского района, и его вклад в загрязнение воздушного бассейна и почв придорожных территорий составляет более 80%.

Основными загрязняющими веществами, которые выделяются с выхлопными газами автотранспорта и приводят к химическому загрязнению почв придорожных агроценозов, являются такие тяжелые металлы как цинк, свинец, медь и кадмий.

Также источниками поступления тяжелых металлов в агроценозы могут служить средства химизации сельского хозяйства.

2.7 Объекты и методы исследований

Исследования проводились в землепользовании фермерского хозяйства Веневцева Александра Валентиновича в 2013-2017 гг. Хозяйство находится на севере Воронежской области в Верхнехавском районе.

На изучаемой территории вне населенных пунктов проходят следующие основные автодороги:

1. Участок автодороги «Большая Приваловка – Никольские Выселки» (IV категория);
2. Участок автодороги «Большая Приваловка – Малая Приваловка» (IV категория);
3. Участок автодороги «Парижская Коммуна – Малая Приваловка» (IV категория);
4. Участок автодороги «Верхняя Хава – пересечение с грунтовой дорогой» (IV категория);
5. Участок автодороги «Малая Приваловка – пересечение с грунтовой дорогой» (IV категория).

Объектами исследований являлись придорожные агроэкосистемы с посевами подсолнечника. План-схема размещения изучаемых объектов представлена на рисунке 1.

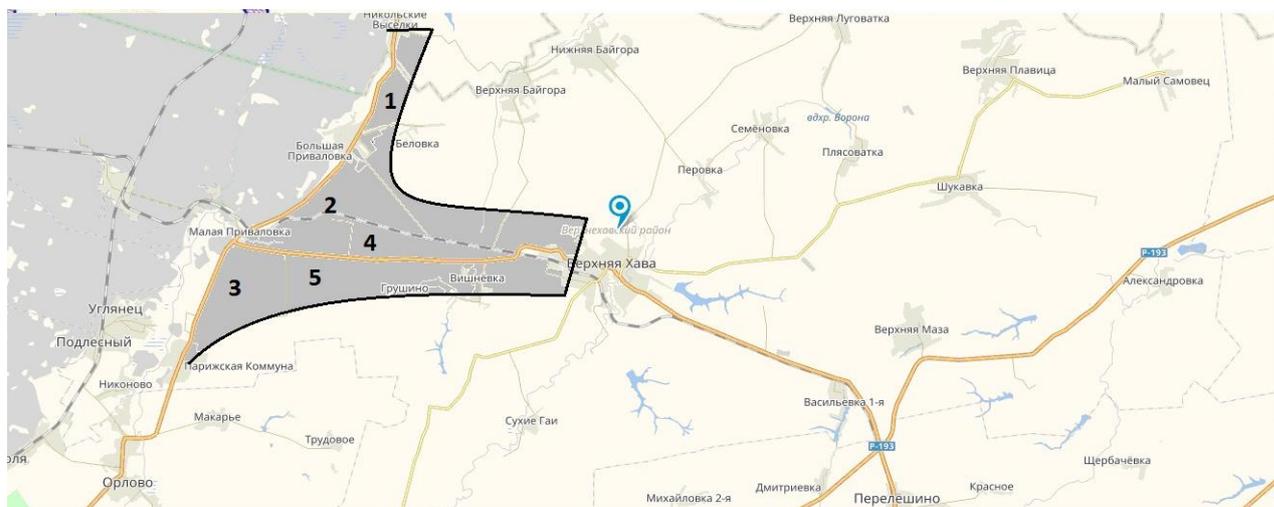


Рисунок 1 – План-схема размещения объектов исследований

Ниже приведена схема и рисунок расположения опытных участков (Таблица 6, Рисунок 2).

Таблица 6 – Схема расположения опытных участков (повторность опыта трёхкратная)

№№ участка					
Участок автодороги «Большая Приваловка – Никольские Выселки», сорт Енисей					
Расстояние от дороги, м	50-60	5	10	15	20
	40-50	4	9	14	19
	30-40	3	8	13	18
	20-30	2	7	12	17
	0-20	1	6	11	16
Участок автодороги «Большая Приваловка – Малая Приваловка», сорт Бузулук					
Расстояние от дороги, м	50-60	25	30	35	40
	40-50	24	29	34	39
	30-40	23	28	33	38
	20-30	22	27	32	37
	0-20	21	26	31	36
Участок автодороги «Парижская Коммуна – Малая Приваловка», гибрид Альтаир					
Расстояние от дороги, м	50-60	45	50	55	60
	40-50	44	49	54	59
	30-40	43	48	53	58
	20-30	42	47	52	57
	0-20	41	46	51	56
Участок автодороги «Верхняя Хава – пересечение с грунтовой дорогой», гибрид Айтана					
Расстояние от дороги, м	50-60	65	70	75	80
	40-50	64	69	74	79
	30-40	63	68	73	78
	20-30	62	67	72	77
	0-20	61	66	71	76
Участок автодороги «Малая Приваловка – пересечение с грунтовой дорогой», гибрид Алисон РМ					
Расстояние от дороги, м	50-60	81	86	91	96
	40-50	82	87	92	97
	30-40	83	88	93	98
	20-30	84	89	94	99
	0-20	85	90	95	100

I повторность				II повторность				III повторность			
Контроль	Гербицид	1NPK + гербицид	2NPK + гербицид	Контроль	Гербицид	1NPK + гербицид	2NPK + гербицид	Контроль	Гербицид	1NPK + гербицид	2NPK + гербицид
50-60 м	3x5м										60
40-50 м	3x5м										
30-40 м	3x5м										
20-30 м	3x5м										
0-20 м	3x5м										
<i>отступ от дороги 10 м</i>											
ДОРОГА											

Рисунок 2 - Схема расположения опытных участков (на каждом участке автодороги «Большая Приваловка – Никольские Выселки», «Большая Приваловка – Малая Приваловка», «Парижская Коммуна – Малая Приваловка», «Верхняя Хава – пересечение с грунтовой дорогой», «Малая Приваловка – пересечение с грунтовой дорогой»)

В процессе опытно-экспериментальной работы анализировалась динамика роста и развития подсолнечника в период вегетации при различных концентрациях тяжелых металлов в почве.

Почва опытных участков – чернозем типичный среднемощный среднегумусный глинистого гранулометрического состава.

Перед закладкой мелкоделяночного опыта (осень 2013 года) содержание гумуса составляло 6,1-6,4%, pH_{KCl} – 5,5-5,9, Нг – 2,3-3,8 мг-экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований 29,5-30,4 мг-экв/100 г почвы, содержание подвижного фосфора – 98-116 мг/кг почвы (средняя и повышенная обеспеченность), обменного калия – 111-120 мг/кг почвы (повышенная обеспеченность).

Фоновое содержание тяжелых металлов в почве на территории изучаемого хозяйства представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Фоновое содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почве, мг/кг

Металл	Валовые	Подвижные
Pb	10,1-13,8	1,3
Cd	0,18-0,2	0,06
Zn	42,8-43,2	0,3
Cu	16,9-17,3	0,13

Исследования проводились в условиях полевого мелкоделяночного опыта в севообороте с короткой ротацией: чистый пар – озимая пшеница – ячмень – подсолнечник.

Посевы подсолнечника размещались в четырехпольном севообороте, предшественником являлся ячмень.

Повторность опыта трехкратная, общая площадь делянки 15 м² (3x5 м), учетная площадь 8 м² (2x4 м). Минеральные удобрения в виде азофоски вносились под основную обработку согласно схеме опыта вручную. Гербицид Граминион, КЭ применялся весной в фазу всходов подсолнечника в дозе 0,6 л/га ранцевым опрыскивателем.

Схема опыта: 1. Контроль (без удобрений); 2. Гербицид; 3. N₆₀P₆₀K₆₀ + гербицид; 4. N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ + гербицид.

В опыте возделывались следующие сорта и гибриды подсолнечника:

ЕНИСЕЙ. Сорт относится к группе ультраскороспелых, вегетационный период от момента появления всходов до уборочной спелости составляет 75-80 дней. Данный сорт характеризуется относительно высокой устойчивостью к патогенам, в частности, устойчив к заразихе, имеет стабильную урожайность и обладает повышенной технологичностью: формирует быстро подсыхающие на корню корзинки с крупными плодами. Высота растений 130-140 см. Масса 1000 маслосемян 90-100 г. Урожайность от 1,8-2,4 т/га. Масличность 44-46%.

БУЗУЛУК. Раннеспелый сорт подсолнечника. Вегетационный период составляет 80-85 дней. Урожайность маслосемян может достигать 33 ц/га. Высота растения в среднем составляет 168 см, масличность маслосемян – до 54%. Сорт характеризуется высокой резистентностью к дефициту воды, отличается высокой стабильностью развития в различных почвенно-климатических условиях. Сорт устойчив к поражению ложной мучнистой росой, заразихой, фомопсисом и гнилями.

АЛЬТАИР. Трехлинейный гибрид, раннеспелый. В течение периода вегетации формируется высокое растение, ветвление отсутствует. Листовая пластинка среднего размера, на поверхности развита слабая пузырьчатость, край – мелкопильчатый, жилкование перистонервное, боковые жилки расположены практически под прямым углом друг к другу. В гетерогамных корзинках язычковые цветки желтые, овальные. Центральные, трубчатые цветки также желтого цвета. Соцветие корзинка имеет средние размеры, ее положение при созревании меняется от наполовину до полностью повернутого вниз, основание корзинки выпуклое. Форма семянки – овально-удлиненная, размеры характеризуются как средние или малые, по краям имеются полоски, основная окраска черная. Средняя урожайность маслосемян в регионе 24,9 ц/га. Гибрид характеризуется как высокомасличный, содержание жира в маслосеменах в среднем составляет 54,1%.

АЙТАНА. Простой гибрид, среднеранний. В ходе вегетации образует сердцевидные листовые пластинки среднего размера, отсутствует антоциановая окраска и глянецвитость, поверхность листа имеет слаборазвитую пузырчатость, край листа среднепильчатый, зубцы имеют разную длину сторон, по форме поперечного сечения листовая пластинка вогнутая. В верхней части стебля формируется опушение средней плотности, ветвление отсутствует. Время цветения среднее. Оба типа цветков в корзинке желтые, язычковый цветок имеет овальную форму; антоциановая окраска рыльца пестика трубчатого цветка отсутствует или очень слабая. При созревании корзинка средних размеров поворачивается вниз, форма основания соцветия S-образная. Семянка среднего размера, овально-удлиненной формы, на черной фоновой окраске формируются серые полосы, положение краевое. Урожайность маслосемян в регионе составляет в среднем 25,5 ц/га. Максимальная урожайность семян – 42,6 ц/га была получена на Богучарском ГСУ в Воронежской области. Высокомасличный, со средним содержанием жира в семенах 46-49%; сбор масла достигает 10,9 ц/га. Гибрид устойчив к заразице, умеренно восприимчив к фомопсису и гнилям.

АЛИСОН РМ. Простой гибрид, среднеранний. Высота растения средняя, ветвление отсутствует. Стебель в верхней части опушен слабо. Плоский на поперечном разрезе сердцевидный лист образует листовую пластинку средних размеров, поверхность глянцевая, пузырчатость отсутствует или очень слабая. Край листовой пластинки пильчатый, зубцы среднего размера, с неравными сторонами. Время цветения характеризуется как среднее. Трубчатые и язычковые цветки гетерогамной корзинки желтые. Язычковый цветок овальной формы, у трубчатого почти полностью отсутствует антоциановая окраска рыльца. Размер корзинки варьирует от среднего до большого, в процессе созревания она поворачивается вниз. Форма основания соцветия – плоская. Семянка среднего размера, овально-удлиненной формы, черного цвета с серыми полосками, пятнистость отсутствует. Средняя урожайность маслосемян по Центрально-Черноземному региону составляет 25,9 ц/га, мак-

симильная – до 38,8 ц/га. Высокомасличный, среднее содержание жира в маслосеменах от 49,4 до 52,5%, максимальное – 55,1%. Гибрид устойчив к фомопсису, слабовосприимчив к заразихе [42].

Ниже представлена схема опытов с изучаемыми сортами и гибридами подсолнечника (Таблица 8).

Таблица 8 – Схема опытов с посевами подсолнечника

Сорт, гибрид	Варианты
Енисей	Контроль
Енисей	Гербицид
Енисей	Удобрения одинарная доза (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀) + гербицид
Енисей	Удобрения двойная доза (N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀) + гербицид
Бузулук	Контроль
Бузулук	Гербицид
Бузулук	Удобрения одинарная доза (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀) + гербицид
Бузулук	Удобрения двойная доза (N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀) + гербицид
Альтаир	Контроль
Альтаир	Гербицид
Альтаир	Удобрения одинарная доза (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀) + гербицид
Альтаир	Удобрения двойная доза (N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀) + гербицид
Айтана	Контроль
Айтана	Гербицид
Айтана	Удобрения одинарная доза (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀) + гербицид
Айтана	Удобрения двойная доза (N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀) + гербицид
Алисон РМ	Контроль
Алисон РМ	Гербицид
Алисон РМ	Удобрения одинарная доза (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀) + гербицид
Алисон РМ	Удобрения двойная доза (N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀) + гербицид

Возделывание изучаемых сортов и гибридов подсолнечника осуществлялось по общепринятым для Воронежской области технологиям.

Посев подсолнечника проводился сеялкой УПС-8 пунктирным способом с междурядьями 70 см. Глубина посева семян 6...8 см, норма высева – пятьдесят тысяч штук всхожих семян на 1 га.

Междурядная обработка проводилась один раз за вегетацию и осуществлялась культиватором КРН-5,6 со стрелчатыми лапами и бритвами.

Также в период роста и развития подсолнечника проводилось одно окучивание, для чего использовали культиватор КРН-5,6 с окучками.

Уборка подсолнечника проводилась по достижении полной спелости. За полную спелость принимались следующие показатели: 65-70% корзинок приобретают бурый оттенок, цвет остальных корзинок может быть желто-бурый, влажность семян составляет 12-14%.

Уборка подсолнечника осуществлялась вручную.

При отборе проб почвы за основу были приняты «Требования к отбору проб почв при общих и локальных загрязнениях» (ГОСТ 17.4.3.01-83 [28], ГОСТ 17.4.4.02-84 [29], ГОСТ 28168-89 [39], в также «Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения» [82].

Образцы смешанных проб почвы отбирали в пахотном и подпахотном слое на глубину 0-30 и 30-60 см на расстоянии 0-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60 м от изучаемых участков автодорог.

Для определения содержания тяжелых металлов образцы почв отбирались в следующие сроки: перед началом сельскохозяйственных работ сразу после весеннего снеготаяния; в фазу всходов подсолнечника; после уборки урожая.

На изучаемых участках пробы растений подсолнечника отбирались в 3 срока: в фазу всходов, в середине вегетации и во время уборки урожая.

В растительных образцах определялось количество всходов, масса листьев и плодов, содержание тяжелых металлов в маслосеменах подсолнечника.

Количество всходов подсолнечника устанавливали с помощью их подсчета на один погонный метр рядка. В работе проводилось изучение периода появления всходов и определение массы 100 проростков. С целью измерения

массы проростков, в 10 точках по диагонали делянки отбиралось 100 растений.

Масса листьев и плодов определялась путем взвешивания 40 растений с каждой делянки. В первую очередь, находилась масса всех отобранных растений, а затем отдельно проводилось взвешивание семян подсолнечника, и определялась их масса. Массу листьев находили по разнице значений между первым и вторым взвешиванием. Далее полученные результаты усреднялись на одно растение.

Химические анализы почвы и растений проводили в лаборатории биотехнологии ФГБОУ ВО ВГАУ имени императора Петра I и в ФГБУ ГЦАС «Воронежский».

Химические анализы почвенных образцов проводились по следующим методикам:

- содержание гумуса – по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91) [32];
- подвижный фосфор и обменный калий на некарбонатных почвах – по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91) [30];
- рН солевой (KCl) вытяжки – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85) [33];
- гидролитическая кислотность – по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91) [31];
- сумма поглощенных оснований – по методу Каппена-Гильковица (ГОСТ 27821-88) [38];
- содержание подвижных форм тяжелых металлов – атомно-абсорбционным методом в ацетатно-аммонийной вытяжке с рН=4,8 [81];
- содержание валовых форм тяжелых металлов – атомно-абсорбционным методом, в HNO_3 [81].

В растительных образцах определялись следующие показатели:

- содержание сухого вещества в листьях методом высушивания при $t = 105\text{ }^\circ\text{C}$ [40];

- площадь фотосинтезирующей поверхности – по методу отпечатков [55];

- содержание тяжелых металлов в маслосеменах подсолнечника полярографическим методом – цинка (ГОСТ 26934-86), кадмия (ГОСТ 26933-86), меди (ГОСТ 26931-86), свинца (ГОСТ 26932-86) [34, 35, 36, 37].

В ходе исследований проводилось определение фотосинтетического потенциала подсолнечника, который объединяет два показателя: площадь листьев на 1 гектар посевов и время их функционирования [90, 91].

Фотосинтетический потенциал, т.е. площадь листьев и время их работы можно определить за любой период времени (межфазные периоды или в целом за вегетационный период).

Фотосинтетический потенциал определяется по следующей формуле:

$$\Phi\Pi = \frac{Л1 + Л2}{2} \cdot T + \frac{Л2 + Л3}{2} \cdot T + 3,4,5 \text{ и т.д. периоды,}$$

(1-й период) (2-й период)

где ФП – фотосинтетический потенциал, тыс. м² · дн/га; Л1, Л2, Л3 – площадь листьев в начале и конце периода, тыс. м²/га; Т – продолжительность периода, дни.

Учет урожайности проводился по стандартным методикам.

На каждой делянке отбирались образцы растений в фазу физиологической спелости. Фаза физиологической зрелости определялась посредством анализа средних величин корзинки и высоты подсолнечника. Для анализа отбирались растения, которые имели высоту и диаметр корзинки близкие к средним показателям выборки на делянке.

В образцах определяли массу 1000 семян по общепринятым методикам.

После уборки маслосемена с каждой делянки взвешивали, затем проводился отбор единичных проб маслосемян, каждая проба составляла 0,5 кг. В пробе определялась влажность и засоренность вороха.

Полученный урожай приводили к стандартной влажности (10%) чистых семян по формуле:

$$Y = \frac{M \cdot 10 \cdot (100 - W)}{S \cdot (100 - W_{ст.})}$$

где, Y – урожай при стандартной влажности, т/га; M – масса маслосемян с делянки, кг; S – учетная площадь делянки, м²; W – влажность фактическая, %; $W_{ст.}$ – влажность стандартная, %.

Статистическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа [51] многофакторного полевого эксперимента, где фактор А – расстояние от дороги, фактор В – сорт, фактор С – средства химизации.

Энергетическую эффективность рассчитывали согласно методике, изложенной в учебном пособии А.В. Дедова «Оценка севооборотов» [48].

3 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА НА ПОЧВЫ ПРИДОРОЖНЫХ АГРОЦЕНОЗОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА

В современных условиях, воздействие человека на биосферу многообразно и весьма часто ведет к необратимым последствиям. В своих работах В.И. Вернадский (1927) отмечал все возрастающую роль антропогенной деятельности, в частности он писал: «С человеком, несомненно, появилась новая огромная геологическая сила на поверхности нашей планеты. Равновесие в миграции элементов, которое установилось в течение геологических времен, нарушается разумом и деятельностью человечества. Мы находимся в настоящее время в периоде изменения этим путем условия термодинамического равновесия внутри биосферы» [19].

В результате увеличения антропогенной нагрузки на ландшафты происходит избыточное поступление химических веществ в окружающую среду, что отрицательно влияет на все компоненты биосферы [62].

Автотранспорт и промышленные предприятия служат основными источниками загрязнения природной среды тяжелыми металлами. К наиболее опасным веществам для человека и домашних животных относятся свинец, мышьяк, ртуть, кадмий, цинк, хром, никель, медь, которые из почвы, воздуха и воды попадают в живые организмы и распространяются по пищевым цепям.

Для оценки экологического состояния загрязненных почв, следует учитывать особенности регионального фонового содержания многих элементов, а также закономерности изменения их количества в зависимости от гранулометрического состава, гумусированности почв, реакции среды, содержания элементов в почвообразующих породах и других факторов (Таблица 9).

Таблица 9 – Фоновое содержание валовых форм соединений тяжелых металлов в почвах (мг/кг) [86]

Почвы	Элемент, мг/кг							
	Zn	Cd	Pb	Hg	Cu	Co	Ni	As
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	28	0,05	6	0,05	8	3	6	1,5
Дерново-подзолистые су- глинистые и глинистые	45	0,12	15	0,10	15	10	30	2,2
Серые лесные	60	0,20	16	0,15	18	12	35	2,6
Черноземы	68	0,24	20	0,20	25	15	45	5,6
Каштановые	54	0,16	16	0,15	12	12	35	5,2

Высокие концентрации тяжелых металлов в почве представляют серьезную опасность для человека и животных, так как поступают в организм в избыточных количествах и аккумулируются, преимущественно, в почках и печени. Также, постоянное потребление растительной продукции, выращенной даже на слабозагрязненных почвах, может приводить к постепенному увеличению содержания тяжелых металлов в живом организме.

В современных условиях ведение земледелия на почвах, загрязненных тяжелыми металлами, является одной из актуальных проблем в сельском хозяйстве. Поэтому, на загрязненных почвах необходимо проводить специальные мероприятия, предотвращающие ухудшение качества растительной продукции.

К факторам, загрязняющим окружающую среду, часто относят химизацию земледелия, в частности применение минеральных и органических удобрений, а также мелиорантов. Например, кадмий и свинец содержатся в виде примесей в калийных удобрениях. Вместе с суперфосфатом в почву поступают цинк, никель, свинец, медь, кадмий, ртуть. В азофоске и в составе навоза имеются примеси цинка и меди. В карбонате кальция и дефекате содержится значительное количество никеля, свинца, цинка и кадмия [125].

Проблема влияния удобрений на содержание тяжелых металлов в почве и растениях изучалась многими исследователями, но полученные данные являются противоречивыми. С одной стороны, в составе удобрений имеются тяжелые металлы, поэтому они могут быть источником загрязнения почвы и растений. С другой стороны, удобрения способствуют детоксикации почв, поскольку изменяют физико-химические свойства почвы и влияют на подвижность тяжелых металлов, которые выносятся с урожаем.

Согласно исследованиям ряда авторов при систематическом применении минеральных и органических удобрений наблюдается незначительное увеличение содержания тяжелых металлов в почве, что не приводит к ее загрязнению благодаря высокой буферности и экологической устойчивости черноземов [73, 75, 87, 103].

В данной работе, на основании литературного материала и результатов собственных исследований, проведен анализ воздействия выбросов автотранспорта и применения различных доз удобрений в комплексе с гербицидами на накопление тяжелых металлов в почве придорожных агроценозов подсолнечника. При этом изучались валовые и подвижные формы тяжелых металлов в почве, в частности, свинца, кадмия, цинка и меди.

Свинец. Среднее содержание свинца в земной коре составляет 0,0016% [20]. В природной среде свинец может находиться в составе различных соединений, но добывается, в основном, из руды – свинцового блеска (PbS).

Наиболее часто свинец встречается в кислых магматических породах и глинистых осадках. Его концентрация в верхних горизонтах почв находится в пределах от 3 до 189 мг/кг. Среднее значение свинца в почвах составляет 32 мг/кг [62]. В результате техногенного загрязнения окружающей среды содержание Pb в почвах повышается. Аккумуляция в почвах данного элемента оказывает отрицательное воздействие на активность различных ферментов.

По данным А.П. Виноградова (1957), кларк свинца в почвах составляет 20-25 мг/кг [20]. Изучение различных типов почв показало, что в их поверх-

ностном слое содержание валовой формы свинца следующее: в подзолистых – 3,8 мг/кг; дерново-подзолистых – 15,0 мг/кг; бурых лесных – 56 мг/кг; серых лесных почвах – 17 мг/кг; в черноземах – 35,2 мг/кг: каштановых – 21,5 мг/кг. При этом фоновое содержание свинца в почвах варьирует от 17 до 30 мг/кг [125].

Свинец относится к высоко опасным веществам первого класса и даже при незначительных концентрациях может приводить к нарушению метаболизма. В организм человека и животных Pb поступает при вдыхании пыли и с пищей.

Основными источниками загрязнения окружающей среды свинцом служат предприятия и автотранспорт. Причем при работе предприятий цветной металлургии свинец выделяется в виде минеральных форм (PbS, PbO, PbSO₄, PbO · PbSO₄ и др.), а в выхлопных газах автотранспорта он представлен галогенидными солями (PbBr₂, PbBrCl, Pb(OH)Br, (PbO)₂PbBr₂ и др.). Выхлопные газы, содержащие частицы свинца, обладают низкой устойчивостью и легко превращаются в карбонаты, сульфаты и оксиды [62].

Свинец попадает в почву в виде сложных и разнообразных соединений, и на его накопление влияют различные факторы. В условиях высокого уровня антропогенного загрязнения аккумуляция Pb в почвах существенно превышает его вынос.

По данным Н.С. Горбуновой (2005), содержание подвижных форм свинца в почвах возрастает при движении с севера на юг: черноземы выщелоченные < типичные < обыкновенные», что связано с уменьшением выщелачивания и усилением аккумуляции в почвах Pb в данном направлении. На характер распределения подвижных соединений свинца по профилю почв влияет, прежде всего, гидролитическая кислотность [26].

Предельно допустимая концентрация подвижных соединений Pb в почве составляет 6 мг/кг [100].

Кадмий. Содержание кадмия в земной коре невелико и составляет менее 0,00001%. По своим свойствам Cd имеет сходство с цинком и обычно содержится вместе с ним в цинковых рудах. Кадмий попадает в атмосферу при сжигании каменного угля и изделий из пластмассы.

Его концентрация в магматических и осадочных породах составляет 0,3 мг/кг. Кадмий накапливается в глинистых осадках и сланцах. Содержание кадмия в почвах зависит от химического состава материнской породы. В процессе выветривания Cd легко переходит в раствор, где присутствует в виде Cd^{2+} . Он может образовывать комплексные ионы ($CdCl^+$, $CdOH^+$, $CdHCO_3^+$, $CdCl_3^-$, $CdCl_4^{2-}$ и др.) и органические хелаты. К основным факторам, определяющим подвижность ионов кадмия, относятся pH и окислительно-восстановительный потенциал. Подвижность кадмия возрастает в кислых почвах в интервале pH 4,5-5,5 [62].

По А.П. Виноградову (1957) кларк Cd в почве равен 0,3-0,5 мг/кг [20]. Среднее содержание кадмия в почвах находится в пределах от 0,07 до 1,1 мг/кг. Согласно исследованиям ряда авторов фоновое содержание кадмия в верхнем слое почвы не превышает 0,5 мг/кг [62], однако по другим данным его количество в незагрязненной почве может составлять 2,4 мг/кг [125].

Кадмий относится к высоко опасным веществам первого класса и при поступлении в окружающую среду поглощается и прочно удерживается корнеобитаемым слоем почвы. Поэтому даже незначительное загрязнение почв кадмием может вызывать отрицательные последствия у живых организмов. Его фоновое содержание в дерново-подзолистых, серых лесных и черноземных почвах составляет 0,25, 0,3 и 0,6 мг/кг соответственно [125].

Ориентировочная допустимая концентрация валовых форм кадмия для суглинистых и глинистых почв с $pH_{KCl} > 5,5$ составляет 2,0 мг/кг [93].

Кадмий характеризуется высокой подвижностью в черноземных почвах. По данным Н.С. Горбуновой (2005), подвижность кислоторастворимого кадмия в гумусовом горизонте черноземов составляет 33-42% от валовой

формы, а обменного – 18-28%. С глубиной степень подвижности обменного Cd заметно снижается. Распределение подвижного кадмия в почвах находится в тесной зависимости от гидролитической кислотности и суммы обменных оснований [26].

В черноземах, не подверженных антропогенному загрязнению, содержание подвижного кадмия составляет 0,1-0,5 мг/кг и не превышает ПДК [100].

Цинк. Общее содержание цинка в земной коре 0,02 весовых процентов. В природной среде цинк наиболее часто встречается в составе минерала – сфалерит ZnS (цинковая обманка).

По данным А.П. Виноградова (1957), в почвах в среднем содержится 50 мг/кг цинка [20]. В черноземных почвах концентрация цинка может увеличиваться до 90 мг/кг, что связано с высоким содержанием гумуса и нейтральной реакцией среды. В подзолистых и серых лесных почвах содержание Zn невысоко и составляет 23 мг/кг.

Водорастворимые и обменные формы цинка доступны для растений. Однако водорастворимого Zn в почве очень мало ($< 1\%$ от валового), а содержание его обменной формы определяется типом почвы. Так, в черноземах содержание обменного Zn ниже, по сравнению с подзолистыми почвами, у которых более кислая реакция почвенного раствора [102].

Цинк аккумулируется в верхних горизонтах почв, богатых органическим веществом. В почвах с высоким содержанием кальция и фосфора растворимость Zn снижается [62].

Миграция цинка в ландшафтах высокая и зависит от условий увлажнения. В зонах с повышенным поступлением влаги миграция Zn в почвах происходит более интенсивно, чем в условиях степей и пустынь, которые характеризуются нейтральной и слабощелочной реакцией, а также неустойчивым и недостаточным увлажнением [95].

В почвах Центрального Черноземья среднее значение Zn составляет 66 мг/кг, что близко к его кларку по А.П. Виноградову (1957) [20], но ниже 87 мг/кг по В.В. Ковальскому и др. (1970) [69].

Содержание цинка в почвах определяет состав материнской породы. Н.А. Протасовой (2003) выявлена высокая степень корреляции ($r = 0,63$) между содержанием Zn в гумусовом горизонте черноземных почв и в почвообразующих породах. Высокое содержание гумуса и степень насыщенности основаниями, нейтральная реакция, тяжелый гранулометрический состав обуславливают накопление цинка в черноземах.

Различные подтипы черноземов отличаются по степени обеспеченности цинком, которая увеличивается в следующем направлении: оподзоленные и выщелоченные < типичные, обыкновенные и южные. Содержание Zn в почвах определяется составом почвообразующих пород, условиями влагообеспеченности и дренированности.

Почвы Центрального Черноземья подразделяются на три группы по количеству цинка в пахотном слое: 1 – светло-серые лесные супесчаные почвы северо-восточной части региона и надпойменных террас рек (10 до 30 мг/кг); 2 – серые лесные и темно-серые лесные почвы, черноземы оподзоленные, выщелоченные и типичные северной и западной части региона (30 до 60 мг/кг); 3 – выщелоченные, типичные, обыкновенные и южные черноземы восточной и юго-восточной части региона (60 до 90 мг/кг) [102].

Существенное воздействие на подвижность цинка оказывают реакция почвенного раствора и окислительно-восстановительные условия. В карбонатных почвах при избытке кальция образуются нерастворимые цинкаты кальция, в солонцеватых почвах с высоким содержанием натрия – водорастворимые цинкаты натрия.

Подвижность цинка в почвах увеличивается при применении физиологически кислых минеральных удобрений и повышении ферментативной ак-

тивности почвы. Внесение фосфорных удобрений и известкование почв способствуют снижению подвижности Zn [116].

Черноземы характеризуются невысоким содержанием подвижного цинка. В верхних горизонтах почв доля подвижного Zn составляет всего 0,1-0,7% его валовых запасов, и большая его часть представлена труднодоступными формами для растений. В типичных, обыкновенных и выщелоченных черноземах тяжелосуглинистого и глинистого гранулометрического состава концентрация подвижного Zn варьирует от 0,12 до 0,15 мг/кг.

Почвы Центрального Черноземья по обеспеченности подвижным цинком подразделяются на следующие группы: 1 – выщелоченные, типичные и обыкновенные черноземы (0,1 до 0,2 мг/кг); 2 – серые лесные и темно-серые лесные почвы и обыкновенные карбонатные черноземы (0,2 до 0,3 мг/кг); 3 – светло-серые лесные почвы (0,3 до 0,5 мг/кг). Обеспеченность изучаемых почв подвижным цинком низкая для всех сельскохозяйственных культур [102].

Медь. В земной коре содержание меди составляет 0,01%, в почве – 0,002% по массе. Она входит в состав большого количества минералов, наиболее распространенными из которых являются простые и сложные сульфиды: халькозит или медный блеск (Cu_2S); халькопирит, или медный колчедан (CuFeS_2); куприт (Cu_2O), малахит ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$) и др. [125].

По А.П. Виноградову (1957), содержание меди в почвах в среднем составляет 20 мг/кг. При этом в серых лесных почвах ее количество находится в пределах 15 мг/кг, а в черноземах увеличивается до 30 мг/кг [20].

Концентрация подвижной меди в почвах зависит от гранулометрического состава, поэтому в легких почвах Cu больше, чем в тяжелых. В кислых почвах низкая интенсивность поглощения меди, так как при $\text{pH} = 4,5$ медь образует труднорастворимые гидроксиды. Медь аккумулируется в почвах, имеющих щелочную реакцию почвенного раствора, высокое содержание гумуса и карбонатов [102, 104].

Н.А. Протасовой (2003) была установлена тесная корреляционная зависимость ($r = 0,74$) между содержанием меди в черноземах и почвообразующих породах. Распределение меди по профилю и ее количество определяются сорбционной емкостью черноземов, прочностью связи Cu с гуминовыми веществами, а также значением рН. Степень подвижности меди снижается с севера на юг [102].

Согласно исследованиям ряда авторов, в черноземах высокая концентрация меди, которая в среднем составляет 30 мг/кг [69, 71].

Почвы Центрального Черноземья по содержанию меди подразделяются на следующие группы: 1 – светло-серые лесные легкосуглинистые почвы северо-восточной части региона и светло-серые лесные супесчаные и песчаные почвы надпойменных террас (6 мг/кг); 2 – серые лесные почвы, расположенные на крайнем северо-западе региона (6-12 мг/кг); 3 – темно-серые лесные почвы, черноземы оподзоленные и выщелоченные северо-западной части региона (12-18 мг/кг); 4 – выщелоченные, типичные и обыкновенные черноземы, занимающие юго-западную, центральную и восточную части региона (18-24 мг/кг); 5 – южные черноземы, сформировавшиеся на крайнем юго-востоке региона (24-30 мг/кг). Содержание меди в почвах увеличивается с северо-запада на юго-восток, что обусловлено снижением выноса ее подвижных соединений и биогенной аккумуляцией [102].

Согласно исследованиям В.В. Ковальского и Г.А. Андриановой (1970), концентрация подвижной меди в черноземах составляет 3,9 мг/кг [69].

Агротехнические мероприятия существенно влияют на подвижность меди в почвах. Ее подвижность снижается в результате известкования и усиления восстановительных процессов в почве [94]. Внесение физиологически кислых минеральных удобрений, накопление в почве нитратов и аммиака, увеличение концентрации ионов водорода в почве и усиление процессов минерализации органического вещества приводят к повышению степени подвижности меди [116].

По обеспеченности подвижной медью выделены 3 группы почв: 1 – светло-серые лесные супесчаные почвы, серые лесные почвы и черноземы выщелоченные легко- и среднесуглинистые (1-2,5 мг/кг); 2 – оподзоленные, выщелоченные, типичные, обыкновенные черноземы и светло-серые лесные тяжелосуглинистые и глинистые почвы (2,5-5 мг/кг); 3 – типичные, обыкновенные и южные черноземы, а также темно-серые лесные почвы (5-10 мг/кг). Почвы Центрального Черноземья относятся к средне- и высокообеспеченным подвижными формами меди по отношению к растениям невысокого и повышенного выноса. В то же время, для растений высокого выноса они характеризуются низкой и средней обеспеченностью подвижной медью [102].

3.1 Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах придорожных агроценозов подсолнечника

Одним из важнейших компонентов биосферы является почва, которая способна аккумулировать загрязняющие вещества, препятствуя их поступлению в воздушную и водную среды.

Для установления предельно допустимых концентраций микроэлементов, в частности тяжелых металлов, в почвах агроландшафтов необходимо учитывать следующие условия:

1. Фоновое содержание микроэлемента в почве.
2. Способность почвы к накоплению тяжелых металлов.
3. Нормирование дозы тяжелых металлов.
4. Степень токсичности микроэлементов для растений.
5. Допустимые уровни концентраций микроэлементов в почвах.
6. Свойства почвы: содержание гумуса, гранулометрический состав, рН, карбонатность, влагообеспеченность.
7. Баланс привноса – выноса.
8. Чувствительность растений к токсикантам.

Накопление микроэлементов в растениях зависит от типа почв, биологических особенностей видов и других факторов. Существует понятие «сопротивляемость почв к загрязнению тяжелыми металлами». В условиях техногенного загрязнения, почвы тяжелого гранулометрического состава с высоким содержанием гумуса и емкостью катионного обмена, нейтральной реакцией почвенного раствора более благоприятны для выращивания сельскохозяйственных культур, чем легкие кислые почвы [62].

При проведении исследований определялись валовые формы свинца, кадмия, цинка и меди в почве опытных участков. При этом изучалось влияние выхлопных газов автотранспорта и применения различных доз удобрений.

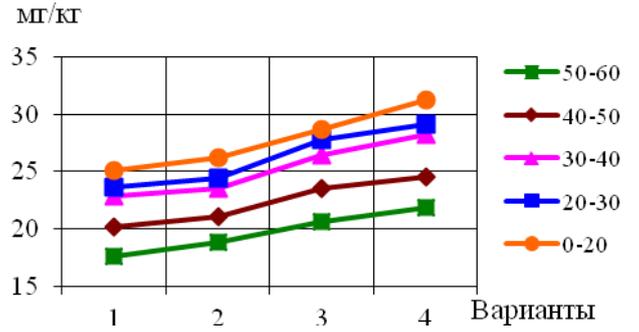
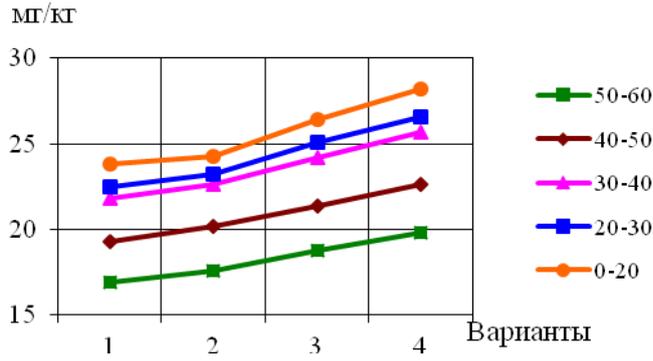
ний на накопление тяжелых металлов в почве. Отбор почвенных проб проводился на 5 участках в придорожной полосе. Обобщенные данные за 4 года исследований представлены в приложении Б.

Свинец. На территории землепользований ИП Глава КФХ Веневцев А.В. и ООО «Луч» содержание валовой формы свинца в незагрязненной почве находится в пределах 10,1-13,8 мг/кг.

На всех изучаемых участках автодорог концентрация валового свинца в почве закономерно возрастала при увеличении доз вносимых минеральных удобрений и уменьшении расстояния от дороги. В почве различных вариантов опыта содержание валовых форм Pb варьирует от 15,9 до 33,6 мг/кг (Рисунок 3).

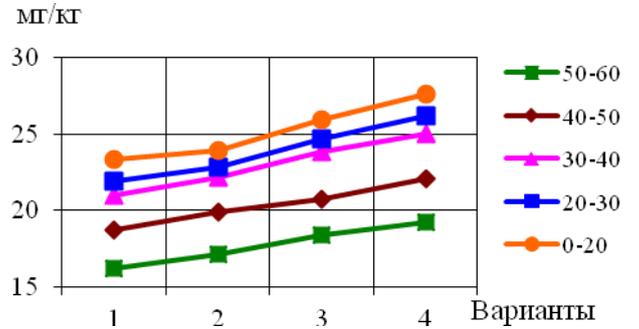
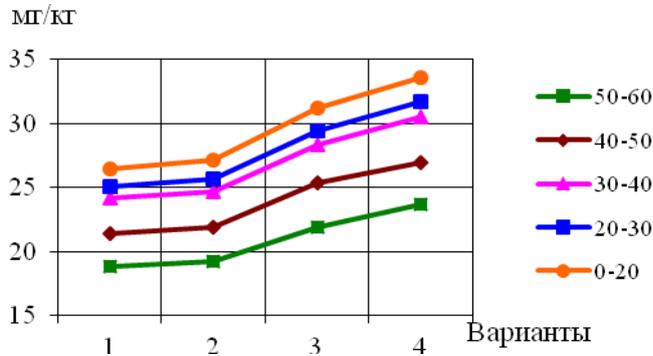
В придорожной полосе участка дороги «Большая Приваловка – Никольские Выселки» на всех вариантах опыта количество валового свинца не превышает ПДК (32 мг/кг). Однако его концентрация выше фоновых значений в 1,4-1,9 раза при удалении на 40-60 м и в 1,8-2,4 раза на расстоянии 0-40 м от дороги.

На участке автодороги «Большая Приваловка – Малая Приваловка», также как и на предыдущем участке, содержание свинца в почве изменяется в зависимости от доз вносимых удобрений и расстояния от дороги. Здесь концентрация валовой формы Pb в почве опытных вариантов находится в пределах нормы, однако в 1,5-2,6 раза выше фонового значения. Наименьшая концентрация данного элемента наблюдается на контрольном варианте, удаленном на 50-60 м от дороги.



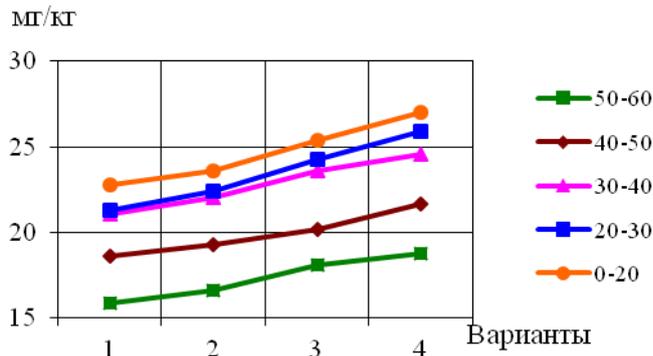
Участок автодороги «Большая Приваловка – Никольские Выселки»

Участок автодороги «Большая Приваловка – Малая Приваловка»



Участок автодороги «Парижская Коммуна – Малая Приваловка»

Участок автодороги «Верхняя Хава – пересечение с грунтовой дорогой»



Участок автодороги «Малая Приваловка – пересечение с грунтовой дорогой»

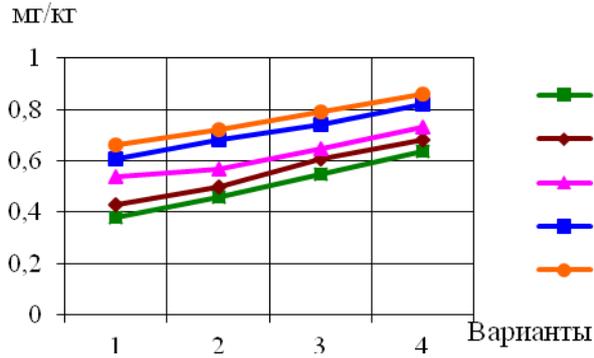
Рисунок 3 – Содержание валовых форм свинца в почве изучаемых участков (среднее за 2014-2017 гг.)

В придорожной зоне автодороги «Парижская Коммуна – Малая Приваловка» содержание свинца в почве находится в пределах ПДК, за исключением варианта с применением двойной дозы NPK на расстоянии 0-20 м от дороги, где его количество незначительно превышает норму. В тоже время, концентрация Pb в почве выше фонового на всех вариантах опыта. Так, при удалении на 40-60 м от дороги его количество в почве изучаемых вариантов увеличилось в 1,6-2,3 раза, а в непосредственной близости от дороги (0-40 м) – в 2,0-2,8 раза, по сравнению с фоновыми показателями.

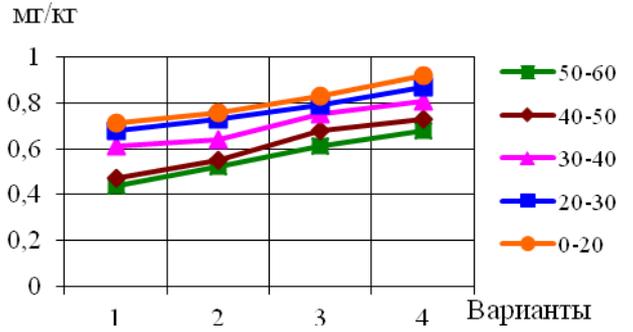
На участках автодороги, которая соединяет Верхнюю Хаву и Малую Приваловку, содержание в почве валовой формы свинца также не превышает ПДК. Тем не менее, при удалении на 40-60 м от дороги концентрация Pb в почве выше фоновых значений в 1,3-1,8 раза, а на расстоянии 0-40 м – в 1,8-2,3 раза.

Кадмий. Результаты проведенных исследований на территории землепользований ООО «Луч» и ИП Глава КФХ Веневцев А.В. показали, что содержание валовой формы кадмия в незагрязненной почве изменяется в пределах от 0,18 до 0,2 мг/кг.

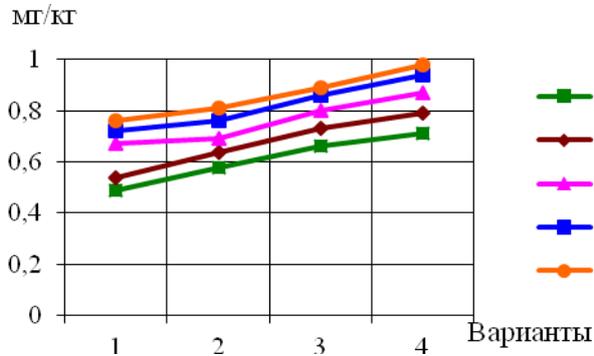
Содержание валовых форм кадмия в почве изучаемых вариантов находится в пределах ПДК (2 мг/кг) и варьирует от 0,32 до 0,98 мг/кг, но выше фоновых значений. Концентрация Cd увеличивалась при сокращении расстояния от дороги и в условиях повышенной обеспеченности почв питательными элементами (Рисунок 4).



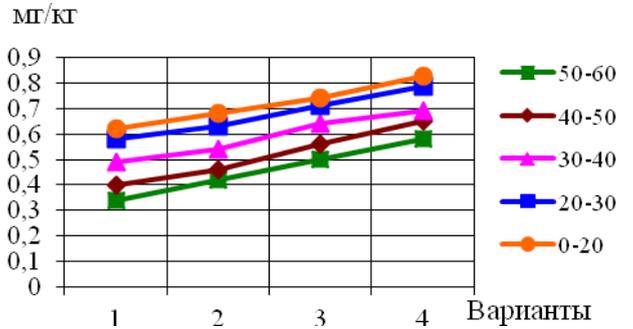
Участок автодороги «Большая Приваловка – Никольские Выселки»



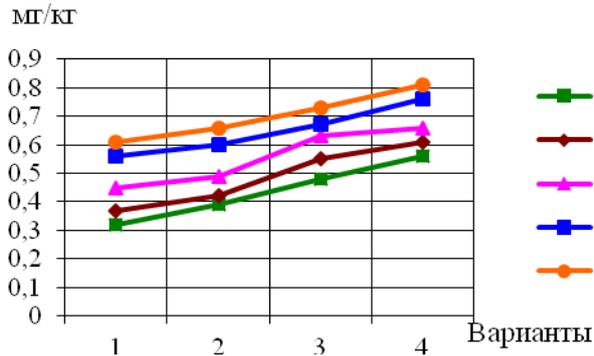
Участок автодороги «Большая Приваловка – Малая Приваловка»



Участок автодороги «Парижская Коммуна – Малая Приваловка»



Участок автодороги «Верхняя Хава – пересечение с грунтовой дорогой»



Участок автодороги «Малая Приваловка – пересечение с грунтовой дорогой»

Рисунок 4 – Содержание валовых форм кадмия в почве изучаемых участков (среднее за 2014-2017 гг.)

Согласно полученным результатам, на участке автодороги «Большая Приваловка – Никольские Выселки» содержание валового кадмия в почве не превышает ПДК. Однако, по сравнению с фоновыми значениями, на различных вариантах опыта его концентрация увеличивается в 2,0-3,6 раза на расстоянии 40-60 м от дороги, а по мере приближения к проезжей части (0-40 м) – в 2,8-4,5 раза.

На участке автодороги «Большая Приваловка – Малая Приваловка» отмечены те же закономерности, что и на предыдущем участке в изменении содержания валовой формы кадмия в почве в зависимости от вариантов опыта и степени удаленности от дороги. Концентрация Cd в почве выше фоновой в 2,3-3,8 раза при удалении от дороги на 40-60 м, а на расстоянии 0-40 м в 3,2-4,8 раза (приложение Л).

В придорожной полосе «Парижская Коммуна – Малая Приваловка» содержание валового кадмия в почве изучаемых вариантов также превышает фоновые значения. Например, в 40-60 м от дороги концентрация Cd выше фоновой в 2,6-4,2 раза, а при уменьшении расстояния до 0-40 м его содержание увеличивалось в 3,5-5,1 раза.

На участках автодорог «Верхняя Хава – пересечение с грунтовой дорогой» и «Малая Приваловка – пересечение с грунтовой дорогой» содержание валового кадмия в почве относительно низкое. Однако фоновые значения Cd превышены в 1,7-3,4 раза при удалении на 40-60 м и в 2,4-4,4 раза на расстоянии 0-40 м от дороги.

Цинк. На территории опытных участков агроценозов землепользований ООО «Луч» и ИП Глава КФХ Веневцев А.В. в незагрязненной почве содержание валовой формы цинка составляет 42,8-43,2 мг/кг.

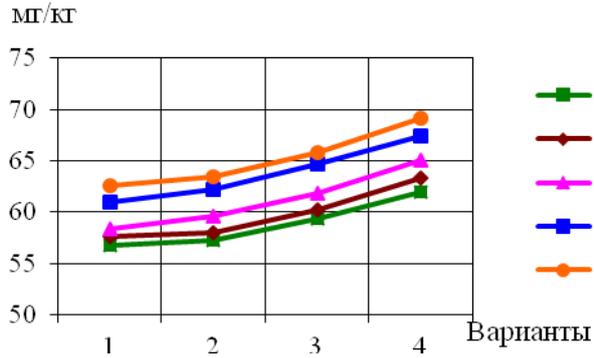
На всех изучаемых участках автодорог отмечена тенденция увеличения концентрации валового цинка в почве при сокращении расстояния от дороги и на вариантах с одинарной и двойной дозой минеральных удобрений. В почве изучаемых вариантов содержание валового цинка не превышало ПДК (100 мг/кг) и изменялось от 55,4 до 73,3 мг/кг (Рисунок 5).

На участке придорожной полосы автодороги «Большая Приваловка – Никольские Выселки» по мере удаления от дороги содержание цинка в почве закономерно снижается. Однако фоновые значения Zn на изучаемых вариантах превышены в 1,3-1,5 раза при удалении на 40-60 м и в 1,4-1,6 раза на расстоянии 0-40 м от дороги.

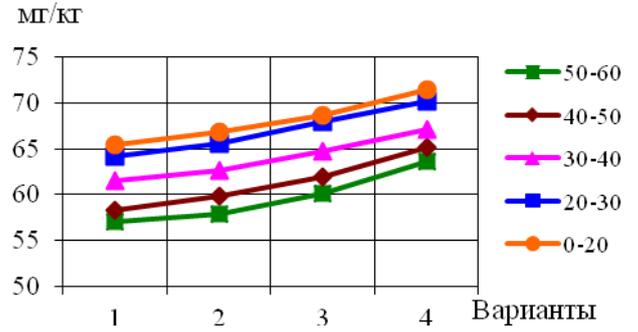
В придорожной зоне «Большая Приваловка – Малая Приваловка» содержание валовой формы цинка в почве опытных вариантов находится в пределах ПДК, однако в 1,3-1,7 раза выше фонового значения.

На участке автодороги «Парижская Коммуна – Малая Приваловка», также как и на предыдущих участках, на содержание цинка в почве оказывают влияние применяемые средства химизации и выхлопные газы автотранспорта. Концентрация Zn в почве изучаемых вариантов выше фоновых показателей в 1,3-1,6 раза на расстоянии 40-60 м и в 1,4-1,7 раза на расстоянии 0-40 м от дороги.

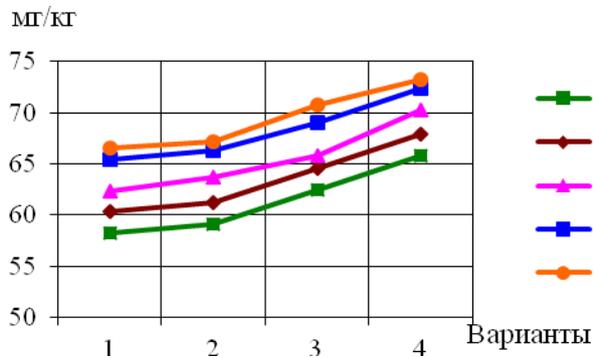
Придорожная полоса автодороги, соединяющей Верхнюю Хаву и Малую Приваловку, отличается невысокой концентрацией цинка в почве. Тем не менее, как и на других изучаемых участках, содержание валовой формы Zn превышает фоновые значения в 1,3-1,6 раза.



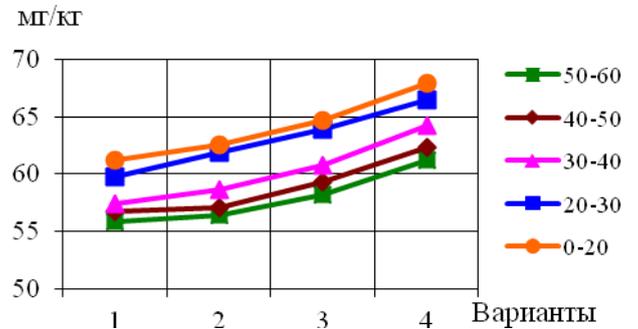
Участок автодороги «Большая Приваловка – Никольские Выселки»



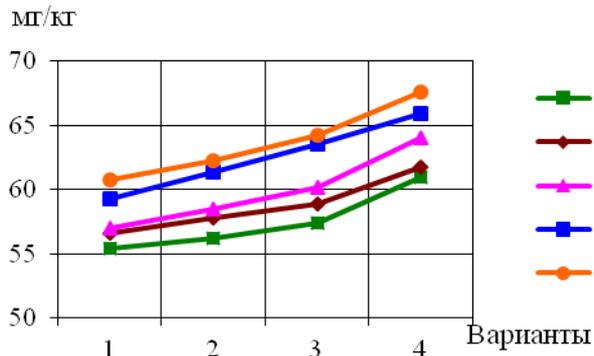
Участок автодороги «Большая Приваловка – Малая Приваловка»



Участок автодороги «Парижская Коммуна – Малая Приваловка»



Участок автодороги «Верхняя Хава – пересечение с грунтовой дорогой»



Участок автодороги «Малая Приваловка – пересечение с грунтовой дорогой»

Рисунок 5 – Содержание валовых форм цинка в почве изучаемых участков (среднее за 2014-2017 гг.)

Медь. Результаты исследований, проведенных в землепользовании ОО «Луч» и ИП Глава КФХ Веневцев А.В., показали, что в незагрязненной почве фоновое содержание валовой формы меди составляет 16,9-17,3 мг/кг.

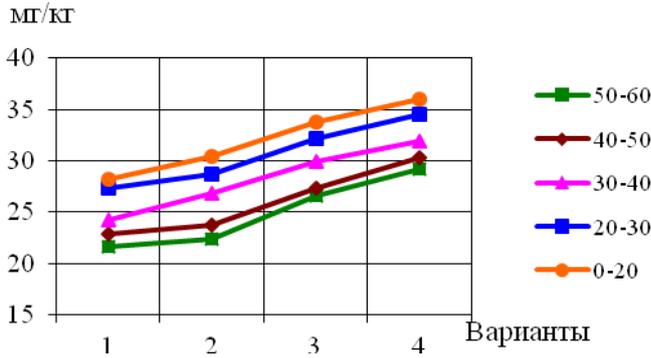
На изучаемой территории количество валовых форм меди в почве не превышает ПДК (55 мг/кг) и варьирует от 21,1 до 37,4 мг/кг, но выше фоновых значений (Рисунок 6).

Анализ полученных данных показал, что в придорожной полосе дороги «Большая Приваловка – Никольские Выселки» превышено фоновое содержание меди в почве вследствие отрицательного воздействия выбросов выхлопных газов автотранспорта. Так, на расстоянии 40-60 м от дороги концентрация Cu в почве различных вариантов опыта выше фоновых значений в 1,3-1,8 раза, а по мере приближения к проезжей части (0-40 м) – в 1,4-2,1 раза.

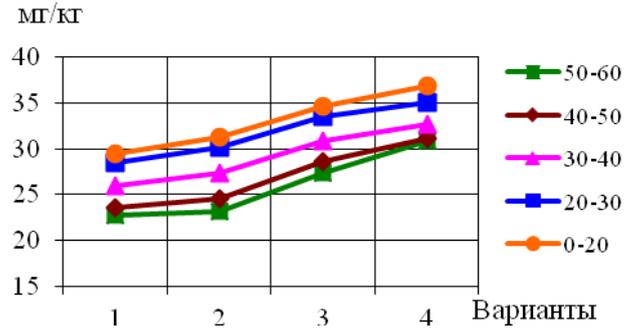
На участке автодороги «Большая Приваловка – Малая Приваловка» в почве опытных вариантов концентрация валовой формы меди находится в пределах ПДК, однако в 1,3-2,2 раза выше фоновых показателей.

В придорожной полосе автодороги «Парижская Коммуна – Малая Приваловка», также как и на предыдущих участках, содержание меди изменяется в зависимости от обеспеченности почвы элементами питания и расстояния от дороги. При удалении от дороги на 40-60 м количество Cu увеличилось в 1,4-1,9 раза в почве изучаемых вариантов, а в непосредственной близости от дороги (0-40 м) – в 1,6-2,2 раза, по сравнению с фоновыми показателями.

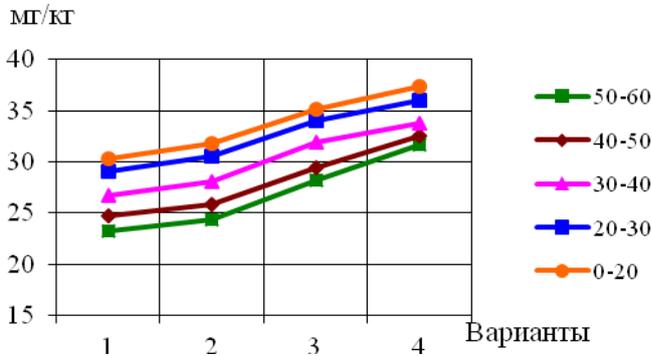
На участках, расположенных на пересечении с грунтовой дорогой, содержание валовой меди в почве не превышает ПДК. В то же время, в почве изучаемых вариантов концентрация Cu в 1,2-2,1 раза выше, по сравнению с фоновыми значениями .



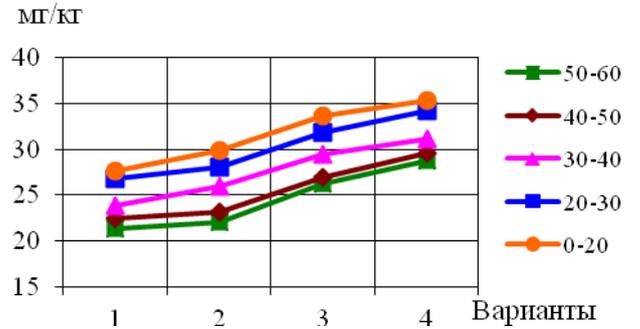
Участок автодороги «Большая Приваловка – Никольские Выселки»



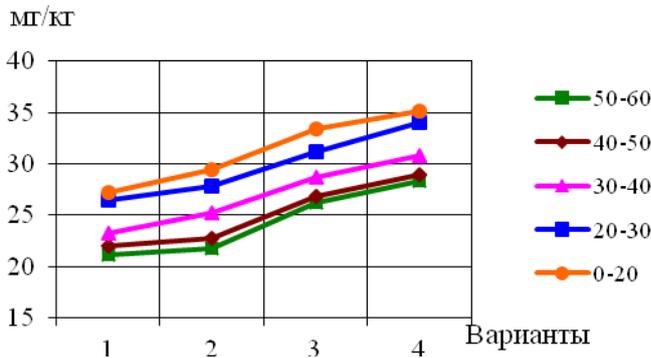
Участок автодороги «Большая Приваловка – Малая Приваловка»



Участок автодороги «Парижская Коммуна – Малая Приваловка»



Участок автодороги «Верхняя Хава – пересечение с грунтовой дорогой»



Участок автодороги «Малая Приваловка – пересечение с грунтовой дорогой»

Рисунок 6 – Содержание валовых форм меди в почве изучаемых участков (среднее за 2014-2017 гг.)

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В почве придорожных агроценозов подсолнечника происходит накопление тяжелых металлов, содержание которых превышает фоновые значения, что является следствием воздействия выхлопных газов автотранспорта. Следует отметить, что наблюдается прямая зависимость между степенью загрязнения почв и расстоянием от дороги.

2. На всех изучаемых участках в почве придорожной полосы валовое содержание тяжелых металлов находится в пределах допустимой концентрации. Исключением является вариант с применением двойной дозы минеральных удобрений на расстоянии 0-20 м от автодороги «Парижская Коммуна – Малая Приваловка», где количество свинца незначительно превышает норму.

3. Систематическое применение минеральных удобрений и средств защиты растений может приводить к небольшому накоплению Pb, Cd, Zn и Cu в почве, в концентрациях не превышающих ПДК. На контрольных вариантах опыта наблюдается наиболее низкое содержание валовых форм тяжелых металлов, которое закономерно возрастает по мере увеличения доз вносимых удобрений. Однако агрохимические средства, применяемые в научно-обоснованных дозах, не являются источником загрязнения почв.

4. Для предотвращения негативных последствий загрязнения почв агроценозов, необходимо осуществлять мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий придорожных территорий.

3.2 Динамика содержания подвижных форм тяжелых металлов в почвах придорожных агроценозов подсолнечника

В ходе исследований, изучалась динамика содержания подвижных форм свинца, кадмия, цинка и меди в почве придорожных агроценозов подсолнечника. Основным источником загрязнения почв в районе исследований является автотранспорт.

Тяжелые металлы накапливаются в почвах в процессе эксплуатации автомобилей и дорожного полотна. В состав выхлопных газов автотранспорта входят свинец, медь, никель. На протяжении длительного времени одним из основных источников увеличения содержания свинца являлось автомобильное топливо. В Российской Федерации до 2003 г. использовался этилированный бензин, в состав которого входил опасный токсикант тетраэтилсвинец, который накапливался в почвах придорожной полосы [76]. В настоящее время, на отдельных автозаправках продолжает продаваться бензин низкого качества, что приводит к дальнейшему загрязнению почвы.

Тяжелые металлы входят в состав присадок смазочного масла, а также выделяются при изнашивании деталей двигателя. При эксплуатации автомобильных шин выделяются свинец, кадмий, цинк и медь, а продуктами износа тормозных накладок являются никель, цинк, медь, свинец и др. Почва придорожной зоны загрязняется цинком за счет эрозии оцинкованных поверхностей, а в процессе использования дорожного покрытия – свинцом и кадмием [97].

На территории опытных агроценозов землепользований ООО «Луч» и ИП Глава КФХ Веневцев А.В. в незагрязненной почве, фоновое содержание подвижных форм тяжелых металлов следующее: свинца – 1,3 мг/кг, кадмия – 0,06 мг/кг, цинка – 0,3 мг/кг, меди – 0,13 мг/кг.

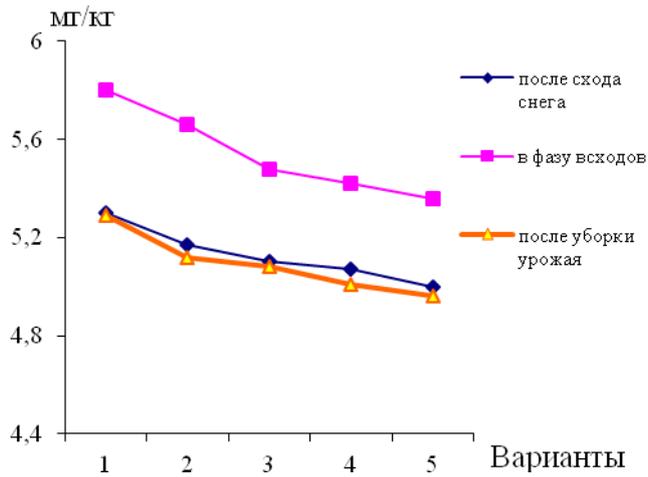
В результате проведенных исследований было установлено, что концентрация тяжелых металлов в почве придорожных полос на различных

участках автодороги выше фоновых значений, а на отдельных вариантах превышает ПДК по свинцу и меди (приложения В, Г).

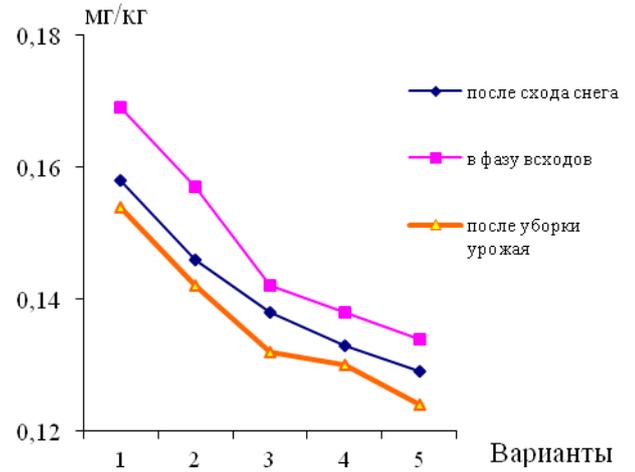
Концентрация подвижных форм свинца в почве изменяется от 3,72 до 6,84 мг/кг. В зависимости от расстояния до дороги содержание подвижных форм Pb на контроле увеличивается в 2,9-4,5 раза, а на вариантах с удобрениями в 3,0-5,3 раза от фонового значения (1,3 мг/кг). Содержание кадмия в почве изучаемых вариантов находится в пределах от 0,086 до 0,192 мг/кг. Концентрация подвижных форм Cd выше фоновых показателей (0,06 мг/кг) в 1,4-2,8 раза на контроле и в 1,5-3,2 раза на вариантах с удобрениями и гербицидами. Черноземные почвы в районе исследования характеризуются низким фоновым содержанием подвижных форм Zn и Cu (0,3 мг/кг и 0,13 мг/кг соответственно), но в придорожной зоне их концентрации увеличиваются в 7-12 раз и более. В почве вариантов опыта количество цинка изменяется от 3,46 до 7,12 мг/кг, а меди – от 1,91 до 3,91 мг/кг. Следовательно, почва придорожных полос характеризуется повышенной обеспеченностью подвижными формами данных элементов.

В ходе исследований на всех изучаемых участках выявлена четкая закономерность увеличения концентрации тяжелых металлов в почве на расстоянии менее 40 м от дороги. Кроме того, содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве зависит от периода вегетации подсолнечника и применения средств химизации (приложения В, Г, Д).

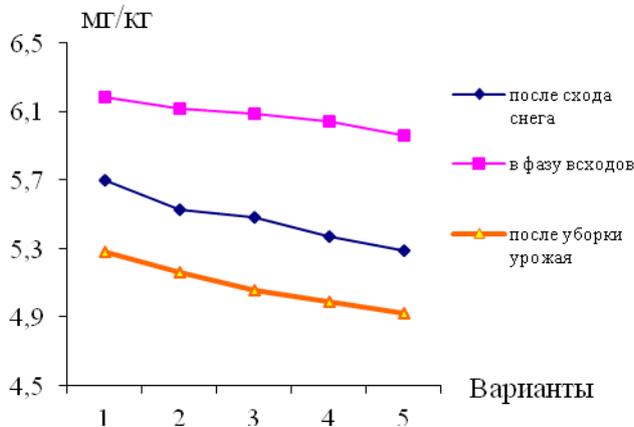
В целом, на изучаемых участках наиболее высокие концентрации тяжелых металлов наблюдаются в фазу всходов после внесения гербицида на фоне загрязнения почв выбросами автотранспорта, а после уборки урожая их содержание снижается, что обусловлено поглощением данных элементов надземной фитомассой подсолнечника. Эту закономерность можно проследить по всем элементам на контрольных вариантах в различные сроки отбора проб почвы (Рисунок 7). Следует отметить, что в фазу всходов подсолнечника наиболее существенно возрастает концентрация в почве подвижного свинца, а затем этот показатель снижается до первоначального уровня (приложение М).



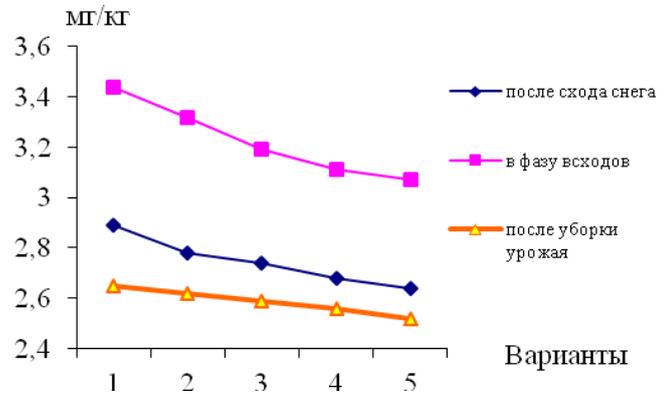
Содержание подвижной формы свинца на контрольном варианте в различные периоды, расстояние 0-20 м от дороги



Содержание подвижной формы кадмия на контрольном варианте в различные периоды, расстояние 0-20 м от дороги



Содержание подвижной формы цинка на контрольном варианте в различные периоды, расстояние 0-20 м от дороги

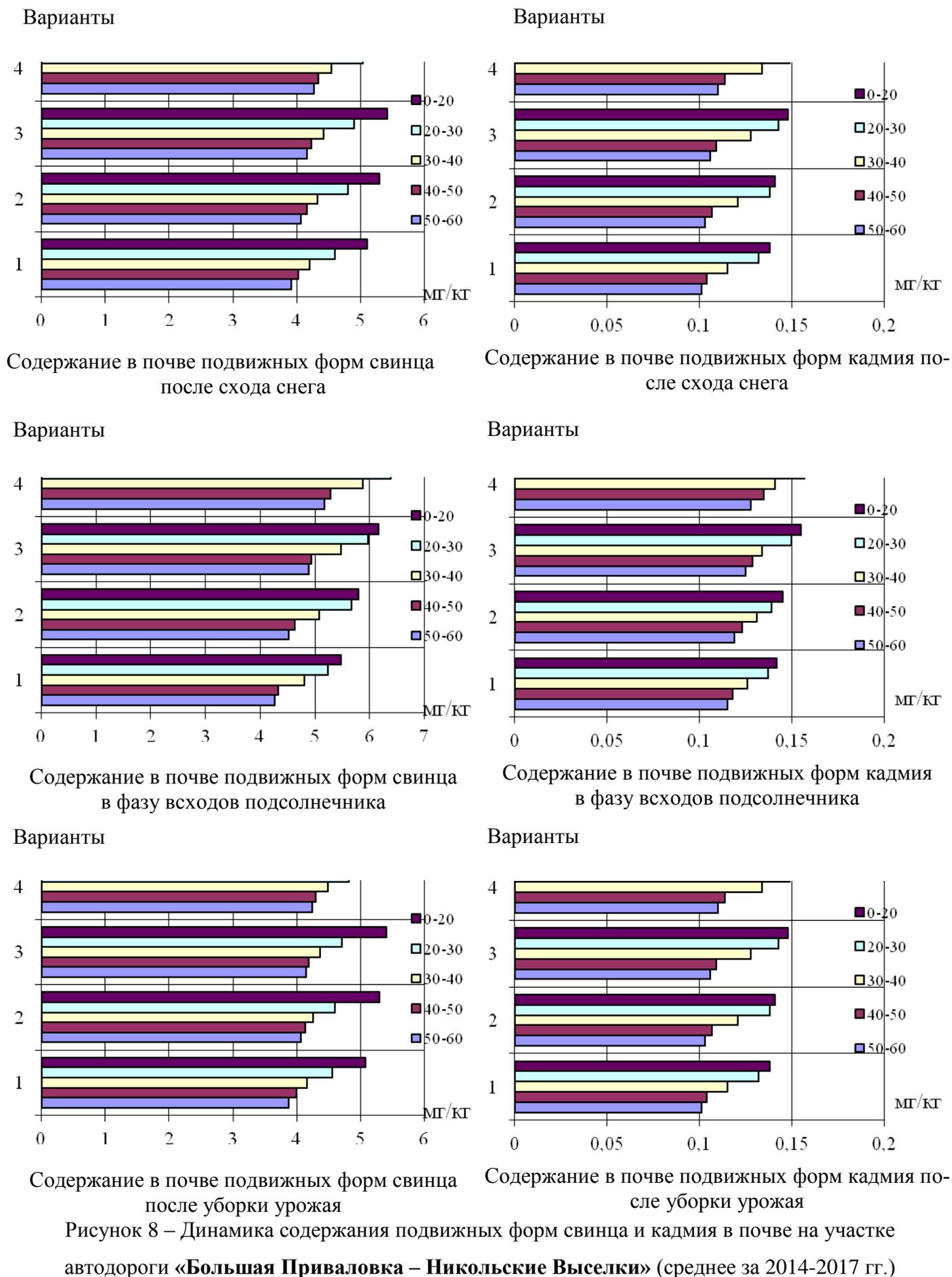


Содержание подвижной формы меди на контрольном варианте в различные периоды, расстояние 0-20 м от дороги

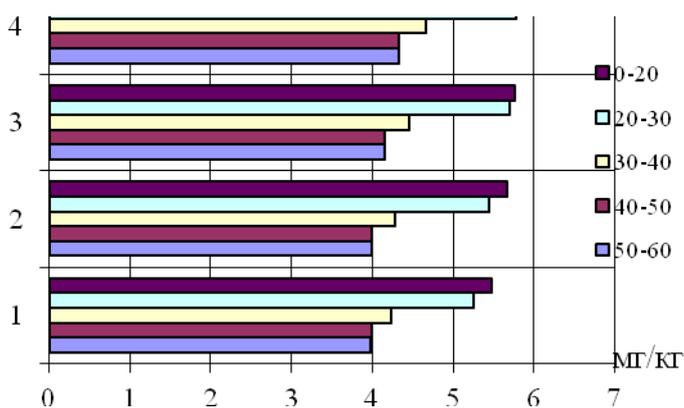
Рисунок 7 – Распределение подвижных форм тяжелых металлов на расстоянии 0-20 м от дороги в различные периоды отбора проб почвы на контрольном варианте (среднее за 2014-2017 гг.)

Ниже приводятся результаты исследований содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве изучаемых участков на различных вариантах опыта.

Динамика содержания в почве подвижных форм Pb, Cd, Zn, Cu в различные фазы вегетации подсолнечника на участке автодороги «Большая Приваловка – Никольские Выселки» представлена на рисунках 8, 9.

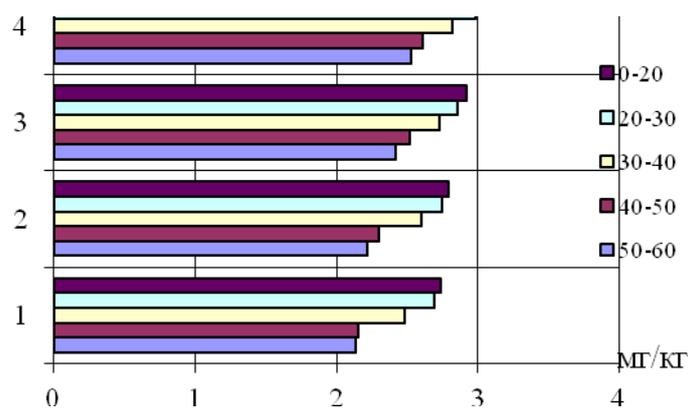


Варианты



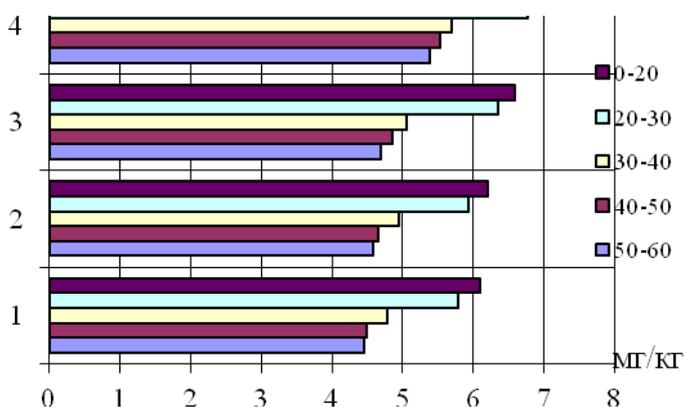
Содержание в почве подвижных форм цинка после схода снега

Варианты



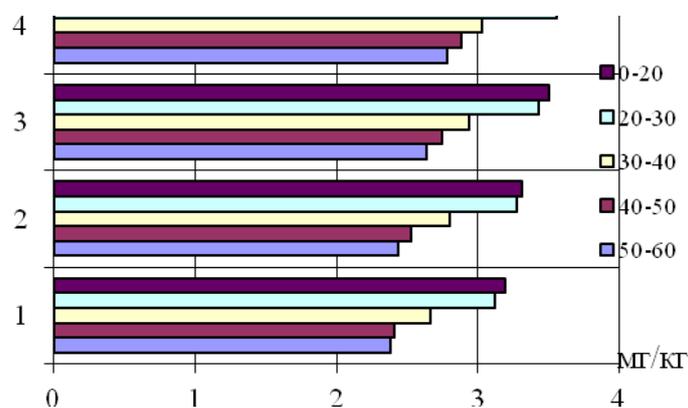
Содержание в почве подвижных форм меди после схода снега

Варианты



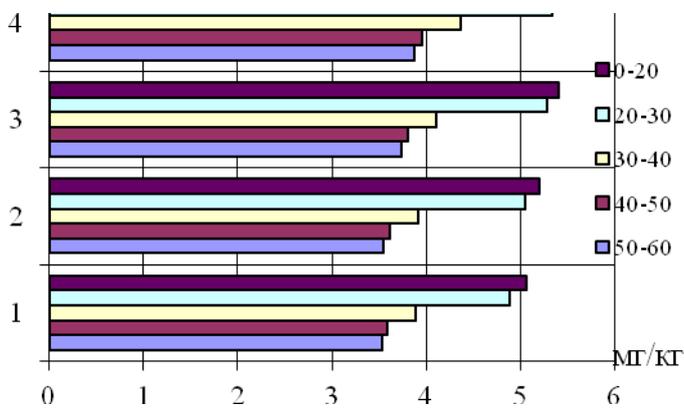
Содержание в почве подвижных форм цинка в фазу всходов подсолнечника

Варианты



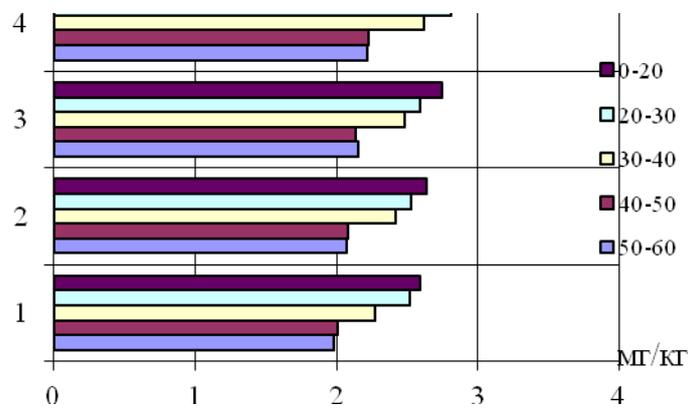
Содержание в почве подвижных форм меди в фазу всходов подсолнечника

Варианты



Содержание в почве подвижных форм цинка после уборки урожая

Варианты



Содержание в почве подвижных форм меди после уборки урожая

Рисунок 9 – Динамика содержания подвижных форм цинка и меди в почве на участке автодороги «Большая Приваловка – Никольские Выселки» (среднее за 2014-2017 гг.)

На данном участке концентрация изучаемых элементов изменяется в зависимости от периода отбора проб почвы, вариантов опыта и расстояния от проезжей части. Так, на расстоянии 0-20 м содержание в почве подвижных форм тяжелых металлов в 1,2-1,4 раза выше, чем в 50-60 м от дороги.

В период после схода снега концентрации данных элементов не превышают ПДК. Наиболее высокие значения отмечаются на варианте с внесением 2NPK на расстоянии 0-20 м от дороги (Pb – 5,57; Cd – 0,153; Zn – 5,89; Cu – 3,02 мг/кг), что в 1,1 раза выше, в сравнении с контролем.

В фазу всходов подсолнечника концентрация тяжелых металлов возрастает, что обусловлено применением гербицида на фоне загрязнения почвы выбросами автотранспорта. На вариантах с применением удобрений и гербицида содержание Pb и Cu незначительно превышает ПДК. Так, если на контроле концентрация изучаемых элементов находится в пределах: Pb – 4,26-5,48; Cd – 0,115-0,142; Zn – 4,46-6,09; Cu – 2,38-3,19 мг/кг, то при внесении 2NPK их количество возрастает соответственно в 1,2, 1,1, 1,2 и 1,1-1,2 раза.

После уборки подсолнечника содержание тяжелых металлов в почве снижается до значений периода после схода снега и ниже, что, вероятно, связано с их интенсивным выносом с урожаем.

В придорожной полосе участка «Большая Приваловка – Малая Приваловка» также прослеживается четкая тенденция увеличения концентрации изучаемых элементов на расстоянии 0-40 м от автодороги, особенно на вариантах с одинарной и двойной дозой NPK на фоне гербицида (Рисунок 10, 11).

В фазу всходов подсолнечника концентрация тяжелых металлов в почве возрастает, по сравнению с периодом после схода снега. На 3 и 4 вариантах отмечается превышение ПДК по содержанию подвижных форм свинца и меди. Концентрации кадмия и цинка, также увеличиваются в данный период, однако не превышают установленной нормы. После уборки подсолнечника, количество тяжелых металлов в почве снижается и не превышает ПДК.

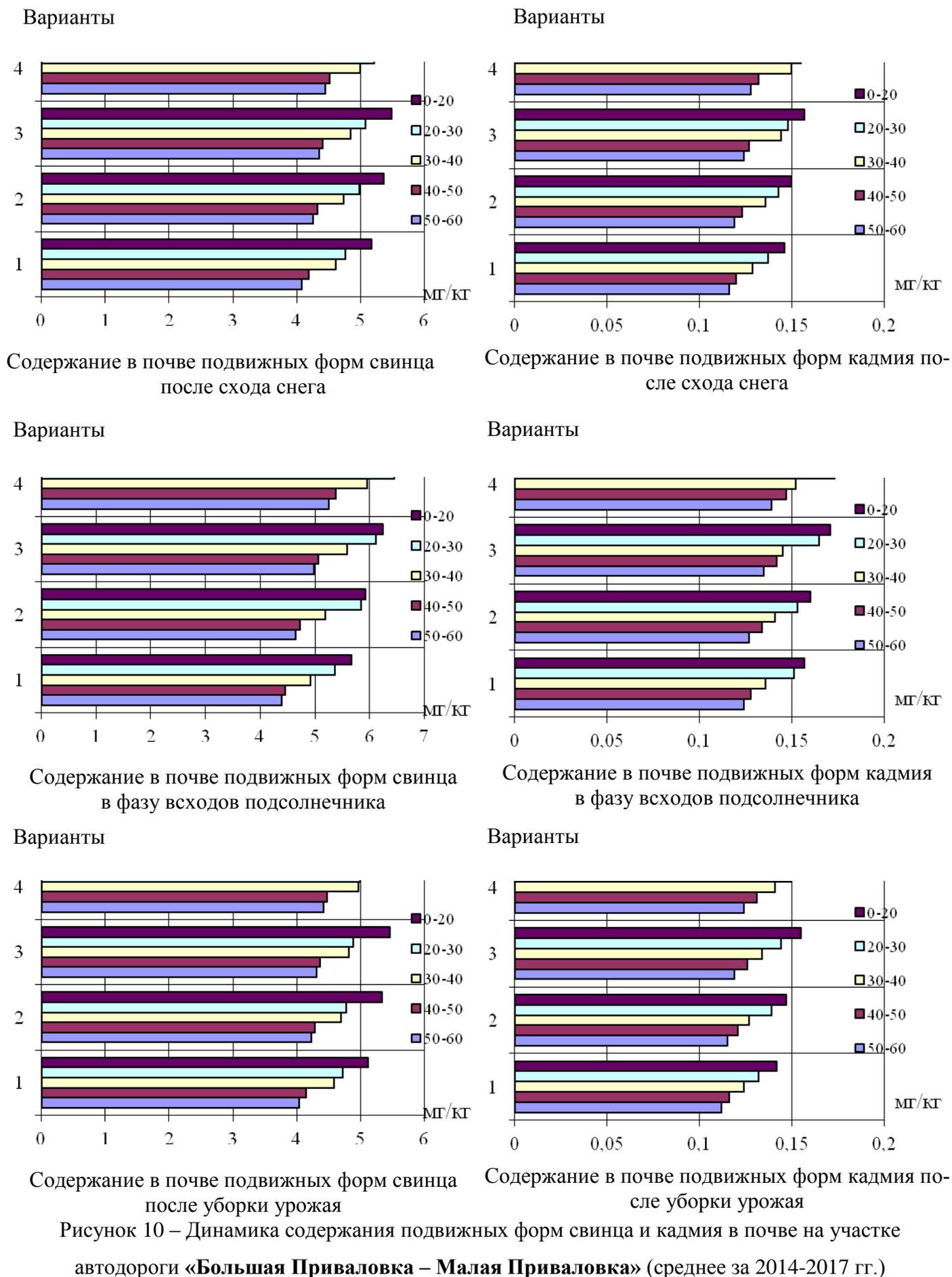
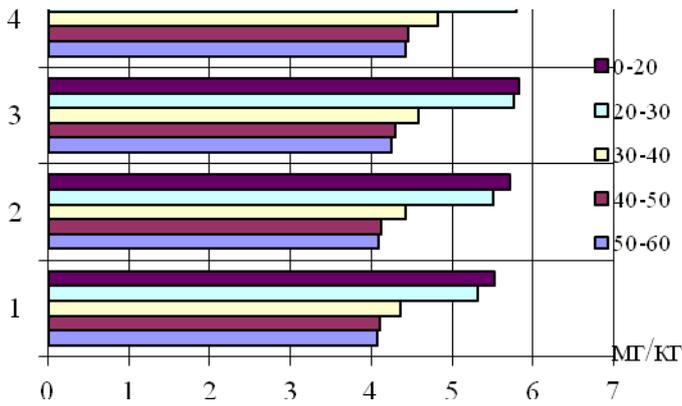


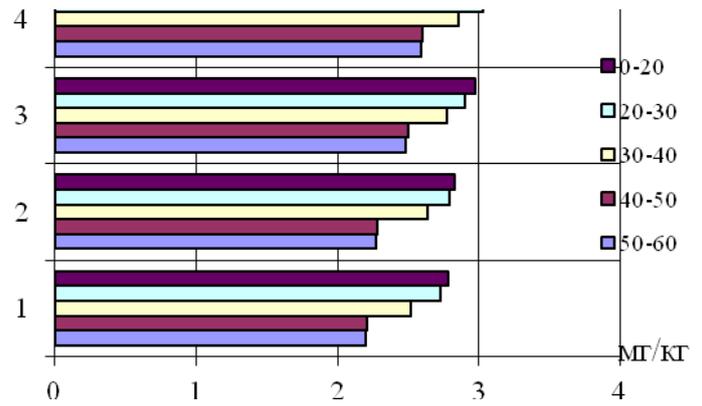
Рисунок 10 – Динамика содержания подвижных форм свинца и кадмия в почве на участке автодороги «Большая Приваловка – Малая Приваловка» (среднее за 2014-2017 гг.)

Варианты



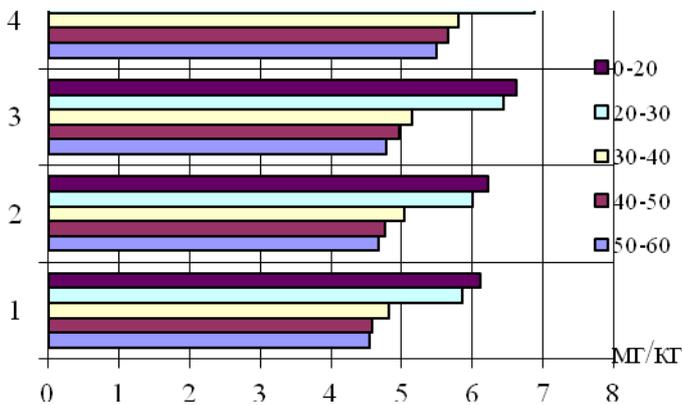
Содержание в почве подвижных форм цинка после схода снега

Варианты



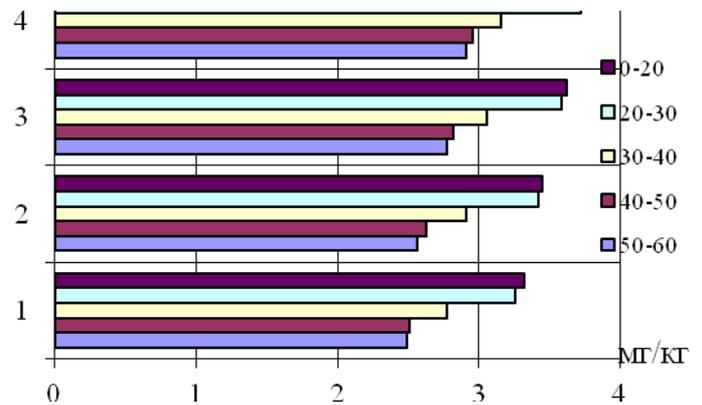
Содержание в почве подвижных форм меди после схода снега

Варианты



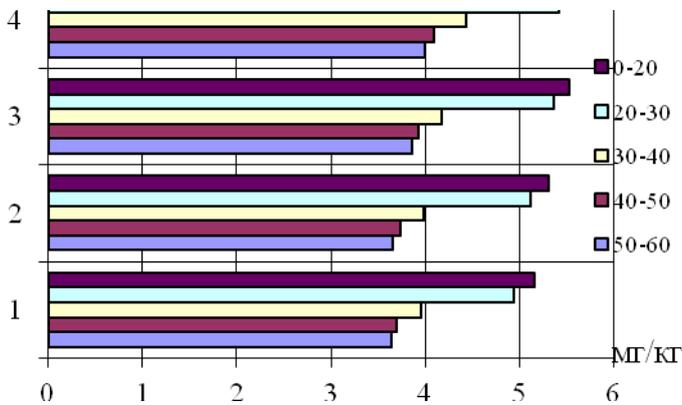
Содержание в почве подвижных форм цинка в фазу всходов подсолнечника

Варианты



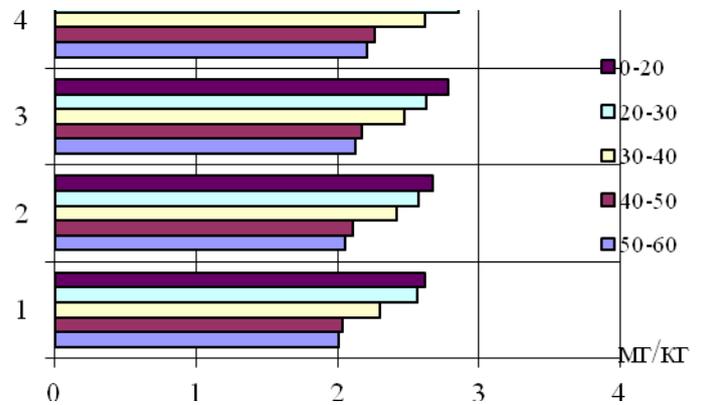
Содержание в почве подвижных форм меди в фазу всходов подсолнечника

Варианты



Содержание в почве подвижных форм цинка после уборки урожая

Варианты



Содержание в почве подвижных форм меди после уборки урожая

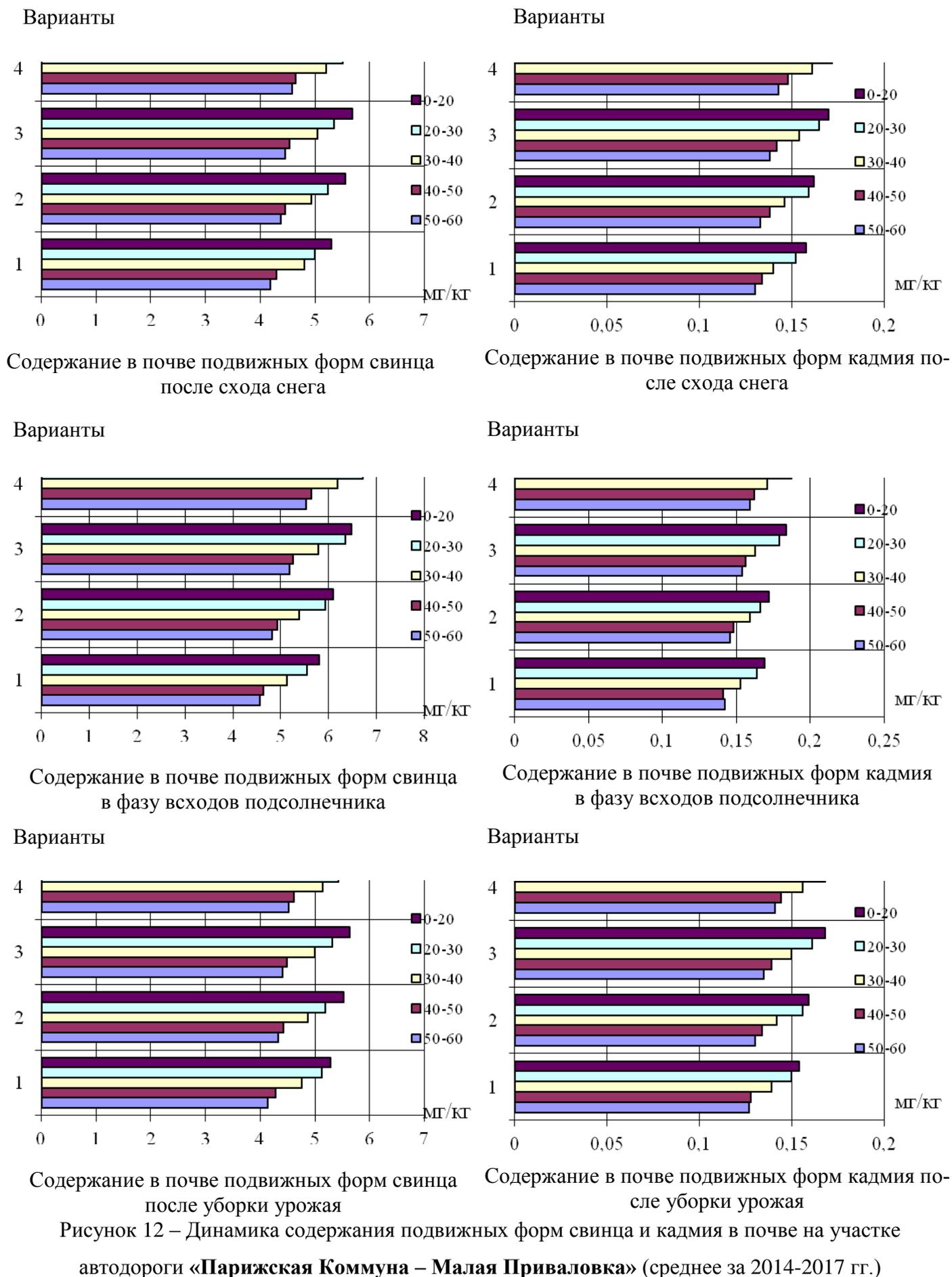
Рисунок 11 – Динамика содержания подвижных форм цинка и меди в почве на участке автодороги «Большая Приваловка – Малая Приваловка» (среднее за 2014-2017 гг.)

Результаты исследований экологического состояния почвы на участке «Парижская Коммуна – Малая Приваловка» представлены на рисунках 12, 13.

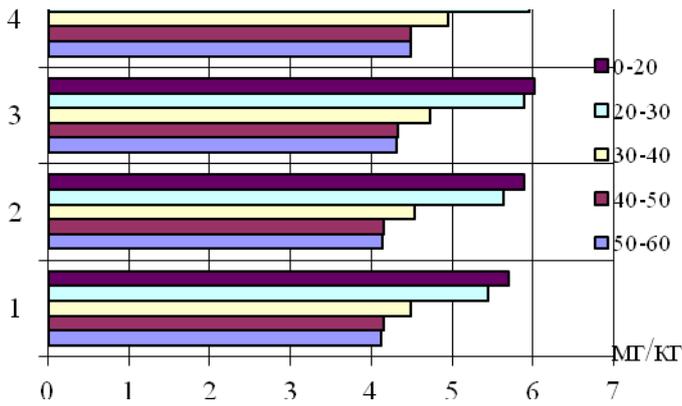
В период после схода снега на данном участке автодороги концентрации изучаемых элементов увеличивались в 1,1-1,2 раза на вариантах с применением минеральных удобрений, в сравнении с контролем. Следует отметить, что по мере приближения к дороге наблюдается закономерное возрастание содержания тяжелых металлов в почве. Так, на расстоянии 0-20 м и 20-30 м от проезжей части концентрация тяжелых металлов в почве в 1,2-1,3 раза выше, по сравнению с более удаленными участками (50-60 м от дороги). На вариантах с применением повышенных доз удобрений наблюдается незначительное превышение ПДК по содержанию меди, концентрации свинца и кадмия близки к допустимым значениям.

На I этапе органогенеза в фазу всходов подсолнечника наблюдаются наиболее высокие концентрации тяжелых металлов в почве, что, вероятно, связано с совокупным влиянием минеральных удобрений и гербицида. Превышение ПДК отмечается по содержанию в почве свинца и меди. Концентрация подвижных форм кадмия и цинка увеличилась, по сравнению с периодом после схода снега, но находится в пределах ПДК. На расстоянии 0-30 м от дороги содержание свинца и меди увеличилось в 1,2-1,3 раза, а кадмия и цинка – в 1,2-1,4 раза, по сравнению с участками, находящимися в пределах 50-60 м.

После уборки подсолнечника содержание тяжелых металлов в почве заметно снижается, что связано с их выносом с урожаем. Следует отметить, что наиболее существенно снизилась концентрация подвижных форм цинка и меди, что обусловлено их активным поглощением во время формирования биомассы подсолнечника. Так, на вариантах с одинарной и двойной дозой минеральных удобрений на фоне гербицида содержание цинка снизилось в 1,2-1,3 раза, а меди – в 1,3-1,4 раза, по сравнению с данными показателями в начале вегетации. К концу вегетации подсолнечника содержание свинца и кадмия в почве также снижается, но эти изменения менее значительны.

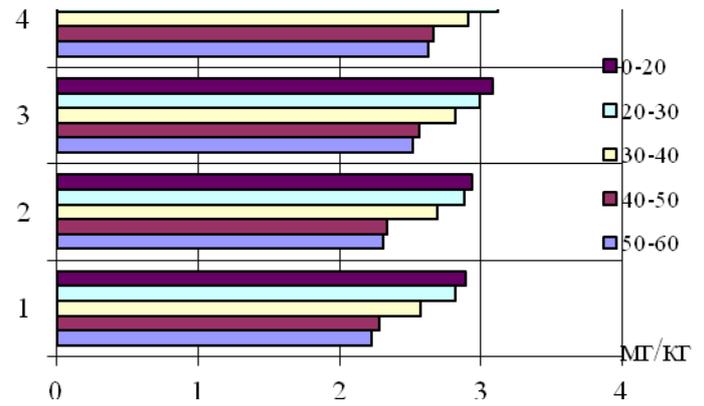


Варианты



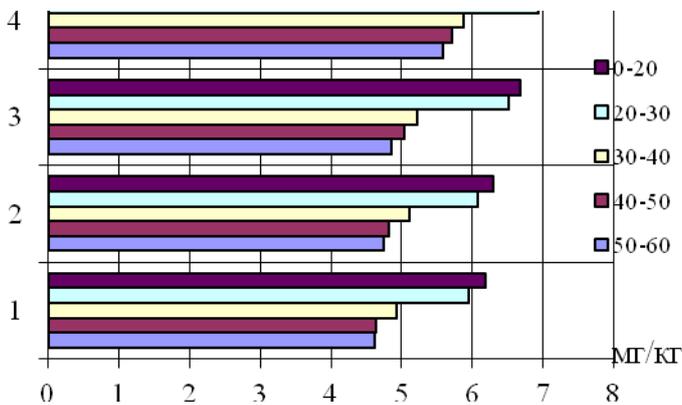
Содержание в почве подвижных форм цинка после схода снега

Варианты



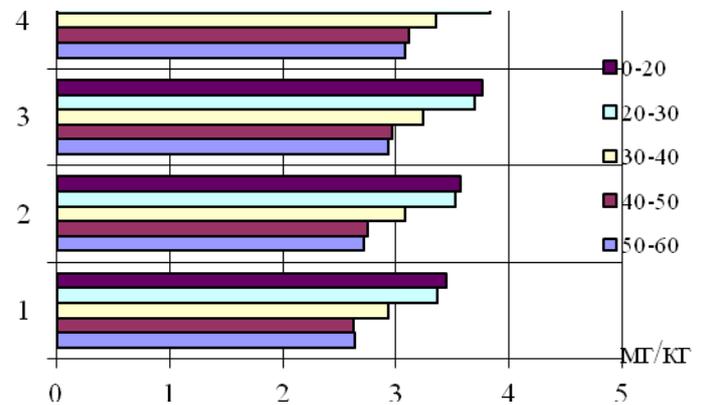
Содержание в почве подвижных форм меди после схода снега

Варианты



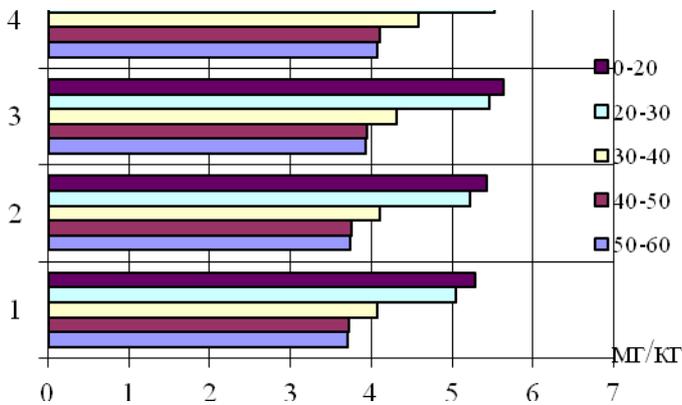
Содержание в почве подвижных форм цинка в фазу всходов подсолнечника

Варианты



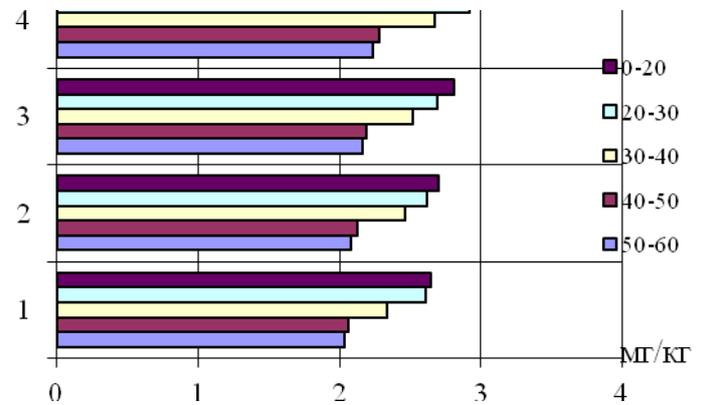
Содержание в почве подвижных форм меди в фазу всходов подсолнечника

Варианты



Содержание в почве подвижных форм цинка после уборки урожая

Варианты



Содержание в почве подвижных форм меди после уборки урожая

Рисунок 13 – Динамика содержания подвижных форм цинка и меди в почве на участке автодороги «Парижская Коммуна – Малая Приваловка» (среднее за 2014-2017 гг.)

На двух остальных участках, расположенных на пересечении с грунтовой дорогой, содержание тяжелых металлов в почве относительно невысоко (Рисунок 14, 15, 16, 17). Однако на расстоянии до 30 м от дороги на вариантах с одинарной и двойной дозой NPK содержание свинца и меди незначительно превышает ПДК в фазу всходов подсолнечника. В остальные периоды концентрации всех элементов в почве находятся в пределах нормы.

Таким образом, на основании полученных результатов, можно сделать следующие выводы:

1. Придорожные агроэкосистемы подвергаются отрицательному воздействию выхлопных газов и продуктов износа деталей автотранспорта. В почве придорожной зоны содержание подвижных форм тяжелых металлов превышает фоновые показатели.

2. На всех изучаемых участках придорожных полос прослеживается четкая тенденция увеличения концентраций тяжелых металлов в почве на расстоянии до 40 м от дороги.

3. Применение минеральных удобрений и гербицида в совокупности с отрицательным воздействием автотранспорта приводит к накоплению тяжелых металлов в почве. На расстоянии 0-40 м от дороги на отдельных вариантах опыта отмечается превышение ПДК по содержанию в почве свинца и меди, концентрация которых закономерно уменьшается по мере удаления от проезжей части.

4. После уборки подсолнечника концентрация подвижных форм тяжелых металлов в почве заметно снижается, что обусловлено их выносом с урожаем, а также переходом в труднодоступные соединения. При этом наиболее существенно уменьшается содержание цинка и меди, что связано с их активным поглощением во время формирования биомассы подсолнечника. В конце периода вегетации подсолнечника концентрация в почве подвижных форм свинца, кадмия, цинка и меди не превышает предельно допустимые нормы.

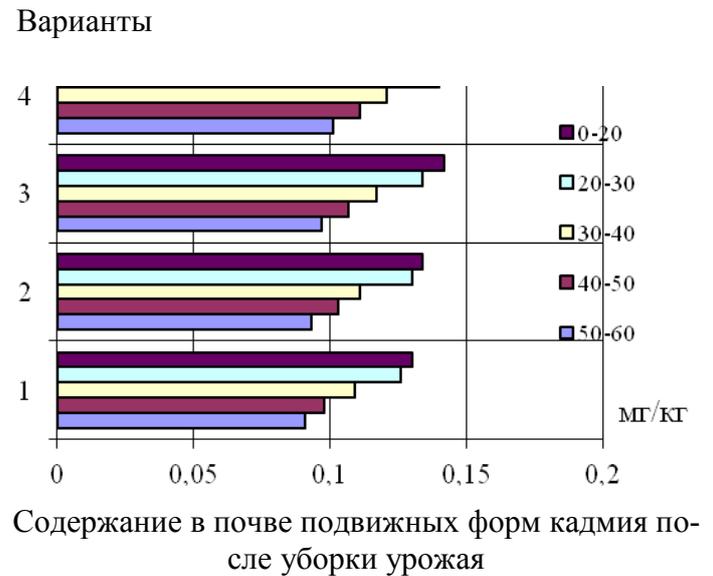
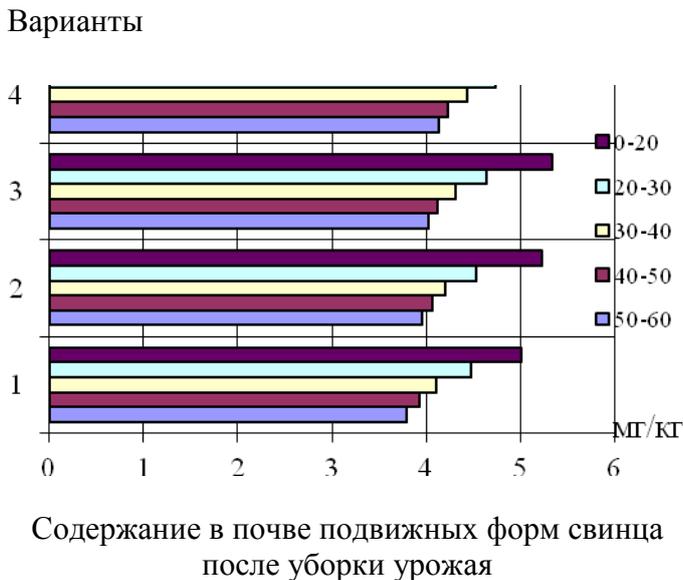
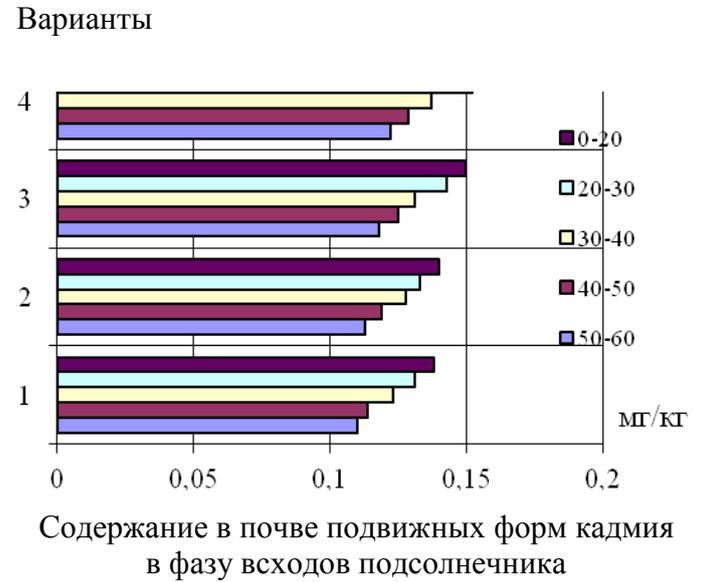
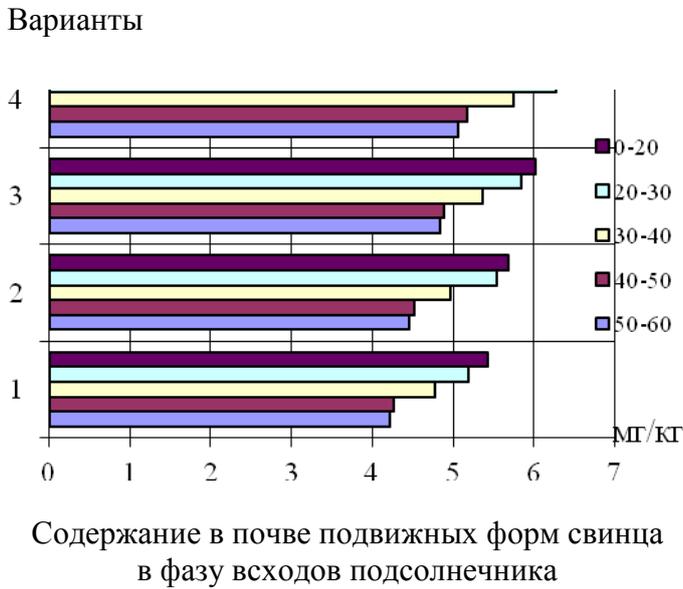
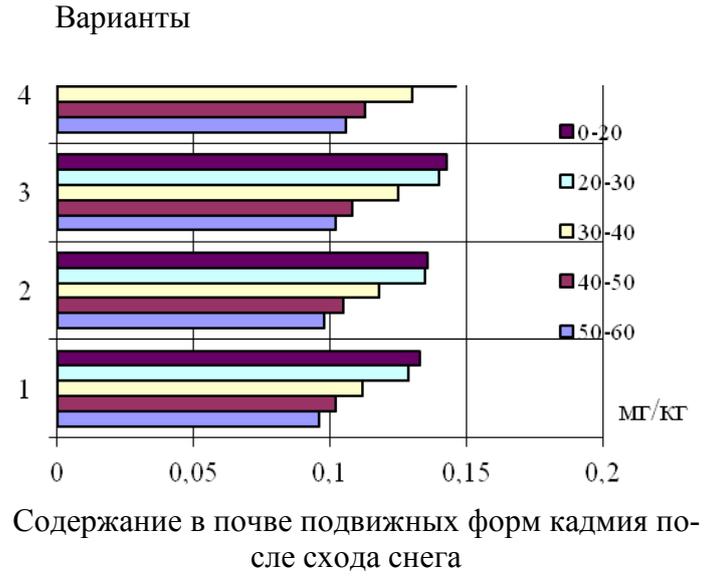
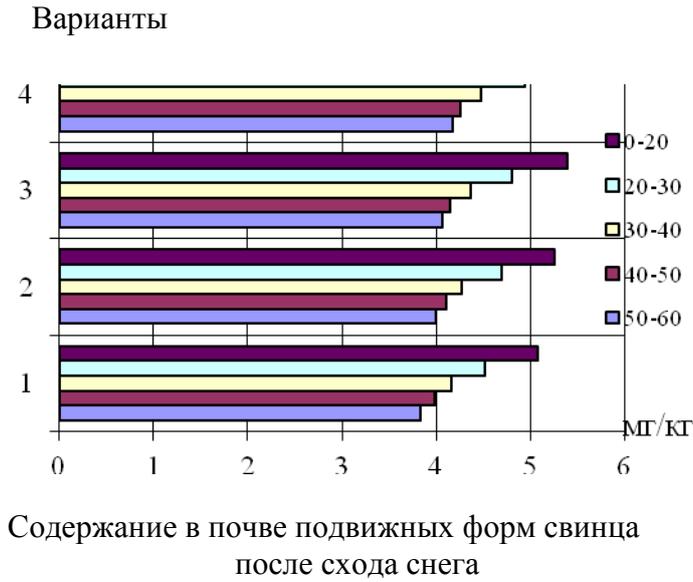


Рисунок 14 – Динамика содержания подвижных форм свинца и кадмия в почве на участке автодороги «Верхняя Хава – пересечение с грунтовой дорогой» (среднее за 2014-2017 гг.)

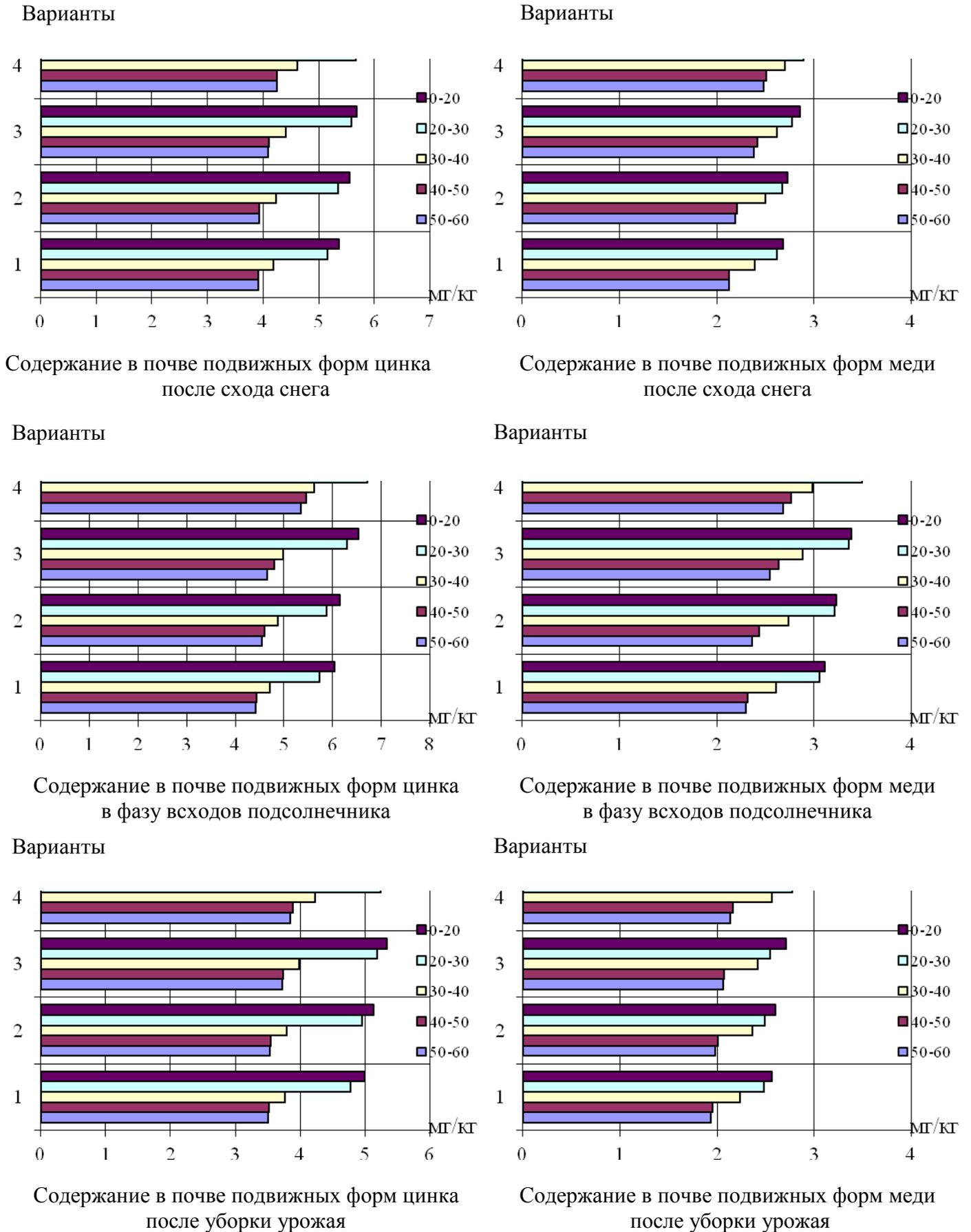


Рисунок 15 – Динамика содержания подвижных форм цинка и меди в почве на участке автотрассы «Верхняя Хава – пересечение с грунтовой дорогой» (среднее за 2014-2017 гг.)

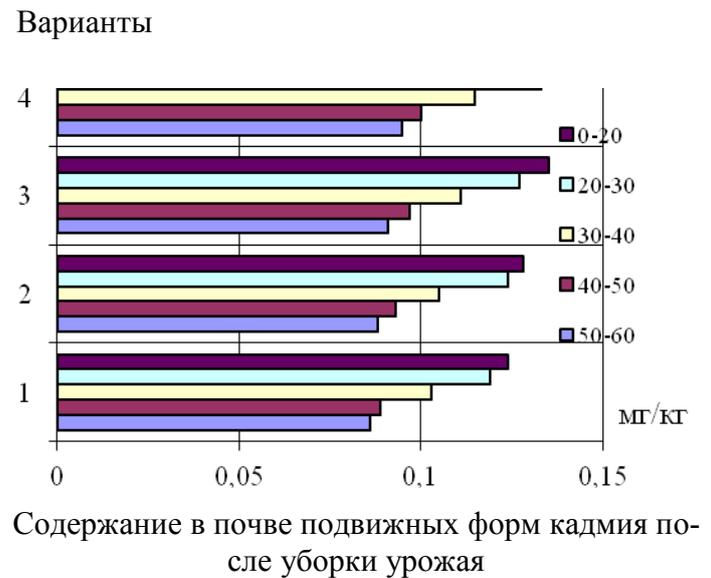
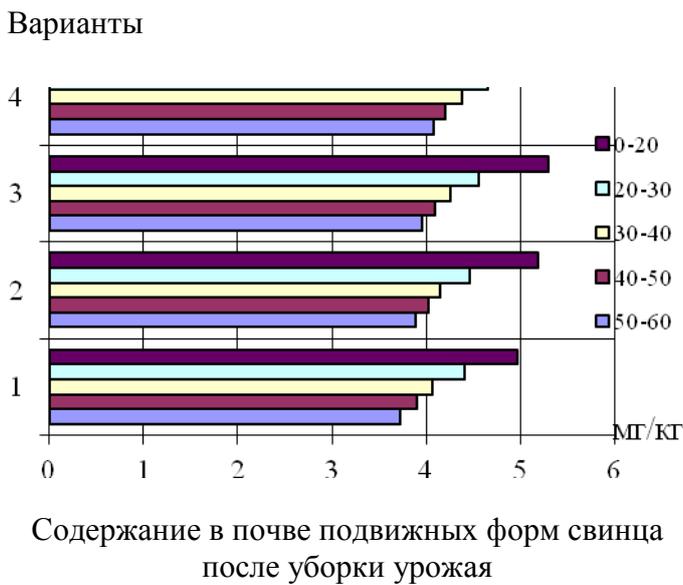
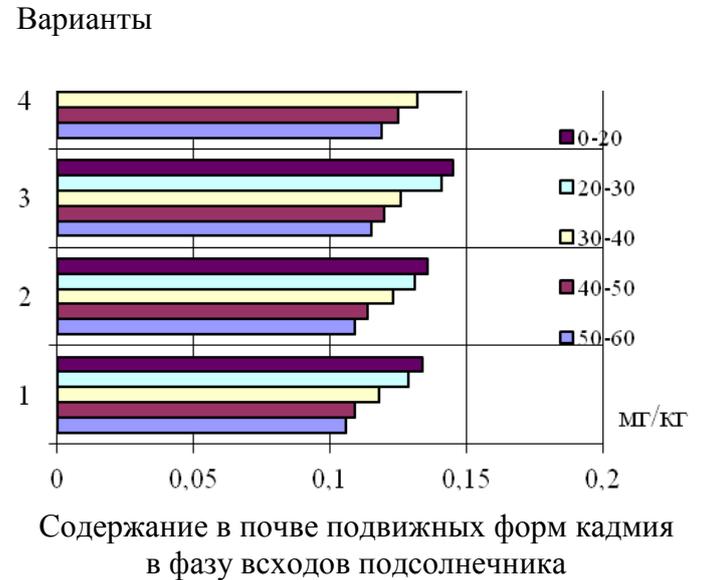
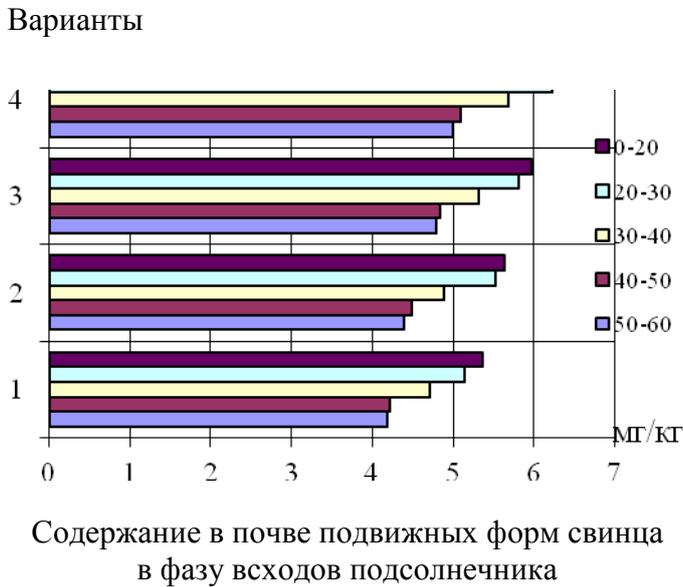
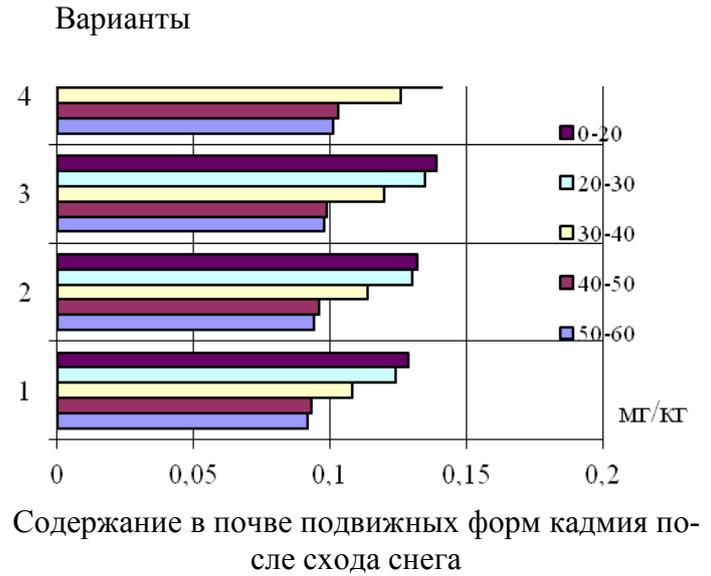
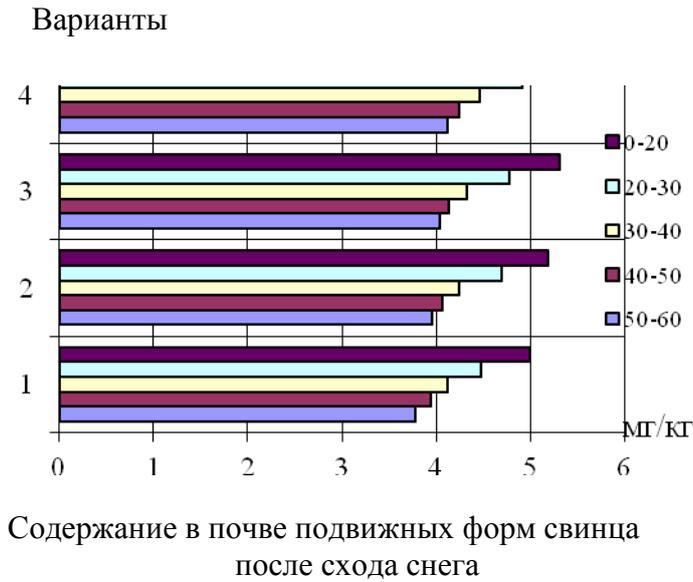


Рисунок 16 – Динамика содержания подвижных форм свинца и кадмия в почве на участке автодороги «Малая Приваловка – пересечение с грунтовой дорогой» (среднее за 2014-2017 гг.)

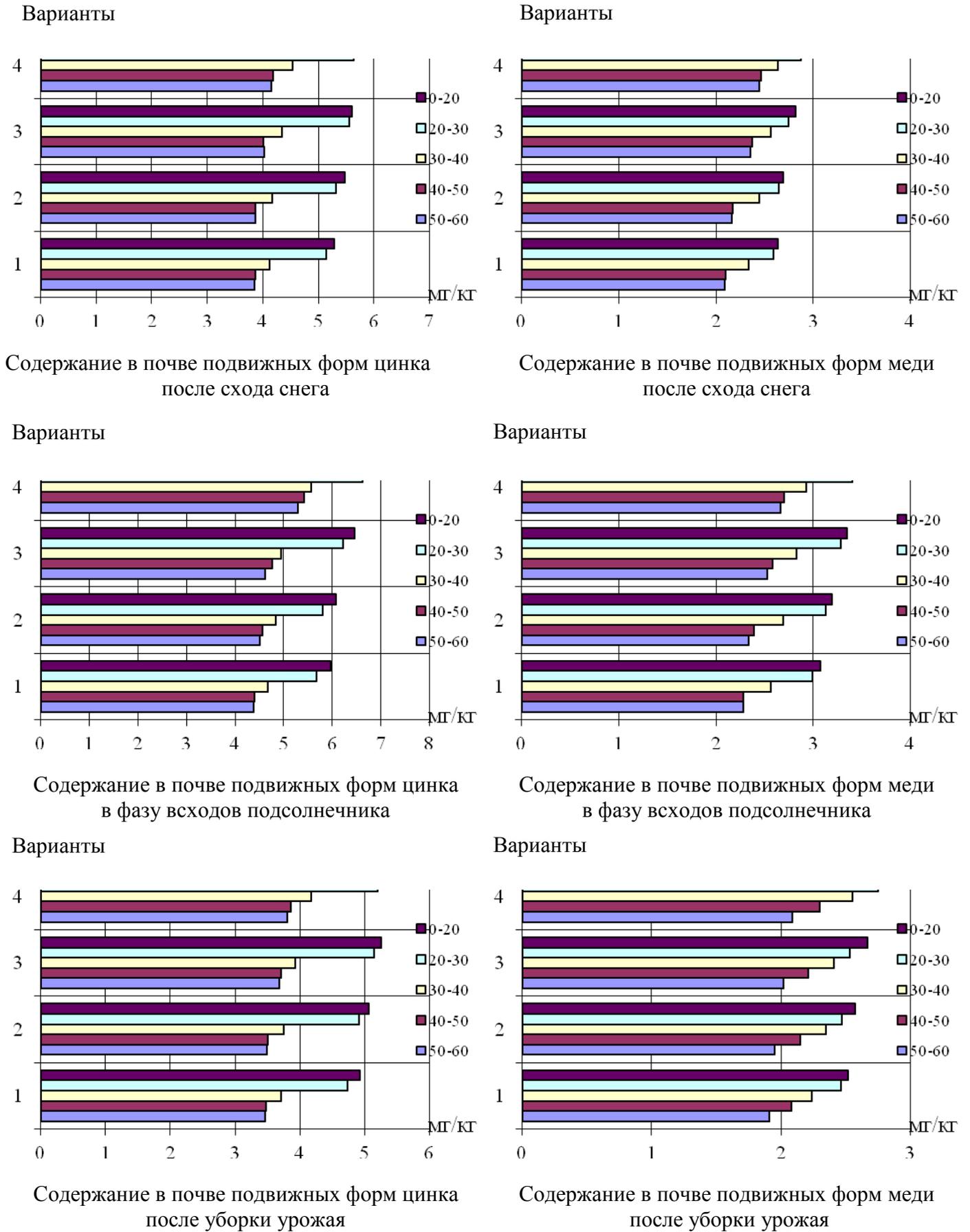


Рисунок 17 – Динамика содержания подвижных форм цинка и меди в почве на участке автодороги «Малая Приваловка – пересечение с грунтовой дорогой» (среднее за 2014-2017 гг.)

4 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ И БИОПРОДУКТИВНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

4.1 Особенности формирования всходов подсолнечника в придорожных агроценозах

Особенности формирования всходов, определяются воздействием негативных факторов окружающей среды, в том числе влиянием на почвы выбросов автотранспорта [47].

Экологическое состояние почв и содержание в них техногенных загрязнителей, определяют всхожесть семян и устойчивость проростков и растений к негативным воздействиям, и, в целом, возможность реализации биоресурсного потенциала культуры.

«Одним из элементов структуры фитоценоза является его плотность, т.е. количество растений приходящихся на единицу площади. Плотность полевого агрофитоценоза определяется нормой высева семян, полевой всхожестью, выживаемостью растений от всходов до уборки урожая. Данный показатель зависит от плодородия почвы, обеспеченности растений факторами внешней среды и агротехнологии возделывания культуры» [118].

В нашей работе изучалось влияние загрязнения почв придорожных агроценозов на полевую всхожесть семян подсолнечника.

«Полевой всхожестью называется процентное соотношение количества полных всходов к числу высеянных семян в полевых условиях» [72].

В полевых условиях под влиянием неблагоприятного воздействия, часть семян может погибнуть, поэтому при оценке экологической устойчивости подсолнечника к выбросам автотранспорта важное значение имеет анализ влияния почвенных условий на полевую всхожесть семян. В ходе исследований, при анализе полевой всхожести определялось количество всходов в соответствии с методиками, представленными в разделе 2.7.

Результаты исследований особенностей формирования всходов подсолнечника за период наблюдения показали, что по содержанию валовых и подвижных форм тяжелых металлов значимых различий на изучаемых участках выявлено не было. Однако по полевой всхожести семян были выявлены различия, которые с одной стороны на всех участках исследования определялись расстоянием от автодороги и дозами вносимых удобрений, а с другой стороны – сортовыми особенностями подсолнечника.

Особенности формирования всходов у различных сортов и гибридов подсолнечника за период исследования представлены в таблице 10.

Оценка влияния изучаемых факторов на полевую всхожесть показала, что на контроле и вариантах с гербицидами и одинарной дозой удобрений полевая всхожесть семян подсолнечника снижалась по мере удаления от дороги (приложения Н, О).

Так, на расстоянии до 20 м от дороги полевая всхожесть семян изучаемых сортов и гибридов на контроле была 73,6-92,0%, на варианте с гербицидом – 78,8-97,8%, а при внесении одинарной дозы удобрений составляла 89,2-99,8%. В тоже время, на расстоянии 50-60 м от дороги эти показатели были соответственно 67,8-86,4, 74,2-92,8 и 84,2-95,4%. Это, вероятно, связано со стимулирующим действием микроэлементов, находящихся в дефиците (Cu, Zn) на вариантах, примыкающих к автодороге.

На вариантах с двойной дозой удобрений, наоборот, полевая всхожесть по мере удаления от дороги возрастала. В непосредственной близости от дороги (0-20 м) данный показатель варьировал в пределах 75,2-92,2%, а при удалении на 50-60 м увеличивался до 84,8-96,4%. Такая особенность, вероятно, связана с синергетическим действием повышенной концентрации тяжелых металлов и двойных доз удобрений на участках, примыкающих к дороге, проявляющейся в угнетении растений.

Таблица 10 – Особенности формирования всходов подсолнечника
на изучаемых участках (среднее за 2014-2017 гг.)

Расстояние от дороги, м	Контроль		Гербицид		Удобрения (1NPK) + гербицид		Удобрения (2NPK) + гербицид	
	Кол-во всходов, тыс. шт./га	Полевая всхо- жесть %						
Енисей								
50-60	39,1	78,2	40,2	80,4	45,3	90,6	46,5	93,0
40-50	39,0	78,0	40,0	80,0	45,4	90,8	46,6	93,2
30-40	40,4	80,8	41,6	83,2	46,1	92,2	45,4	90,8
20-30	42,7	85,4	43,6	87,2	46,9	93,8	44,2	88,4
0-20	42,6	85,2	43,7	87,4	47,0	94,0	44,1	88,2
Бузулук								
50-60	43,2	86,4	46,4	92,8	47,7	95,4	48,2	96,4
40-50	43,3	86,6	46,5	93,0	47,8	95,6	47,9	95,8
30-40	44,5	89,0	47,8	95,6	47,9	95,8	46,6	93,2
20-30	46,1	92,2	49,0	98,0	50,0	100,0	46,4	92,8
0-20	46,0	92,0	48,9	97,8	49,9	99,8	46,1	92,2
Альтаир								
50-60	41,3	82,6	42,1	84,2	46,5	93,0	47,2	94,4
40-50	41,2	82,4	42,2	84,4	47,1	94,2	47,3	94,6
30-40	42,4	84,8	43,6	87,2	47,6	95,2	45,9	91,8
20-30	43,6	87,2	45,7	91,4	47,9	95,8	45,7	91,4
0-20	44,2	88,4	45,7	91,4	48,2	96,4	45,3	90,6
Айтана								
50-60	35,1	70,2	37,9	75,8	43,1	86,2	43,3	86,6
40-50	35,2	70,4	37,9	75,8	43,1	86,2	42,2	84,4
30-40	36,3	72,6	39,0	78,0	44,5	89,0	41,1	82,2
20-30	38,6	77,2	40,9	81,8	45,4	90,8	39,1	78,2
0-20	38,9	77,8	41,0	82,0	45,2	90,4	39,2	78,4
Алисон РМ								
50-60	33,9	67,8	37,1	74,2	42,1	84,2	42,4	84,8
40-50	33,6	67,2	37,1	74,2	42,2	84,4	41,9	83,8
30-40	34,4	68,8	38,3	76,6	43,2	86,4	39,7	79,4
20-30	36,5	73,0	39,4	78,8	44,5	89,0	37,9	75,8
0-20	36,8	73,6	39,4	78,8	44,6	89,2	37,6	75,2

Кроме того, самая низкая полевая всхожесть отмечалась на контроле и варианте с гербицидом. Применение минеральных удобрений в сочетании с гербицидом способствовало увеличению данного показателя, по сравнению с

другими вариантами. Наиболее высокая полевая всхожесть семян подсолнечника наблюдалась на варианте с одинарной дозой NPK.

Отмеченные закономерности в полной мере относятся и к количеству всходов подсолнечника на 1 га.

Если рассматривать изменение полевой всхожести по сортовым особенностям подсолнечника, то она была заметно выше на вариантах с ранними сортами и гибридом. Так, если на контроле для сортов Енисей, Бузулук и гибрида Альтаир полевая всхожесть изменялась в пределах 78,2-92,2%, на варианте с гербицидом 80,0-98,0%, на варианте с одинарной дозой удобрений 90,6-100,0%, с двойной дозой NPK – 93,0-96,4%, то для более поздних гибридов (Айтана, Алисон РМ) эти показатели были соответственно 67,8-77,8; 74,2-82,0; 84,2-90,8 и 75,2-86,6%.

Наиболее высокие показатели полевой всхожести семян отмечаются у раннего сорта Бузулук, а наименьшие – у среднераннего гибрида Алисон РМ.

Следовательно, полевая всхожесть семян подсолнечника зависела от сортовых особенностей, доз удобрений и удаления от автодороги.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Полевая всхожесть сортов и гибридов подсолнечника снижается по мере удаления от дороги на контроле, вариантах с гербицидами и одинарной дозой удобрений, что, вероятно, связано со стимулирующим действием микроэлементов, находящихся в дефиците (Cu, Zn) на участках, примыкающих к дороге.

2. На вариантах с двойной дозой удобрений, напротив, полевая всхожесть семян возрастала при удалении от дороги, что обусловлено наиболее высокими концентрациями тяжелых металлов в почве на участках, примыкающих к дороге и их отрицательным воздействием на растения.

3. Наиболее низкая полевая всхожесть семян подсолнечника отмечалась на контроле, а самыми высокими показателями характеризовался вариант с одинарной дозой NPK в комплексе с гербицидом.

4. Ранние сорта (Енисей, Бузулук) и гибрид (Альтаир) подсолнечника имели преимущество, по сравнению с более поздними гибридами (Айтана, Алисон РМ), и отличались более высокой полевой всхожестью.

4.2 Влияние загрязнения почвы на показатели фотосинтетической деятельности подсолнечника

Основными показателями фотосинтетической деятельности растений, определяющими урожайность, являются площадь листовой поверхности, величина надземной сухой биомассы и фотосинтетический потенциал посевов.

Загрязнение почвы тяжелыми металлами, источниками которых являются выхлопные газы автотранспорта, и применение минеральных удобрений в комплексе с гербицидами в агроценозах оказывают существенное воздействие на процессы фотосинтетической деятельности и физиологическое состояние растений.

В нашей работе изучалась динамика показателей фотосинтетической деятельности сортов и гибридов подсолнечника ранних и более поздних сроков созревания по вариантам опыта на фоне загрязнения почвы выбросами автотранспорта. Учет площади листьев, продуктивности надземной сухой биомассы и фотосинтетического потенциала проводили в фазы бутонизации, цветения и спелости по методикам, изложенным в разделе 2.7.

Установлено, что урожайность маслосемян находится в тесной зависимости от оптимальной площади листьев, позволяющей активно ассимилировать органические вещества и формировать репродуктивные органы подсолнечника. В тоже время, чрезмерное развитие листовой поверхности в посевах не всегда способствует получению высокого урожая, поскольку возрастает взаимное затенение листьев средних и особенно нижних ярусов, вследствие чего ухудшается их освещенность, замедляется процесс фотосинтеза, нарушается характерный для ранних стадий онтогенеза баланс распределения питательных веществ между вегетативными и генеративными органами.

Для оценки урожайности, возделываемых сортов и гибридов подсолнечника, изучалась динамика формирования площади листьев в посевах (Таблица 11).

Таблица 11 – Динамика формирования площади листьев
подсолнечника, тыс. м²/га (среднее за 2014-2017 гг.)

Расстояние от дороги, м	Контроль			Гербицид			Удобрения (1NPK) + гербицид			Удобрения (2NPK) + гербицид		
	Буто тони низа за- ция	Цве- те- ние	Спе- лость	Буто тони низа за- ция	Цве- те- ние	Спе- лость	Буто низа ция	Цве- те- ние	Спе- лость	Бу- тони- зация	Цве- тение	Спе- лость
Енисей												
50-60	25,0	37,8	6,6	26,2	40,2	7,4	30,5	43,9	7,8	29,5	43,2	8,2
40-50	25,2	38,5	6,8	26,3	40,4	7,5	31,0	44,2	7,8	29,4	43,0	8,0
30-40	25,4	38,8	7,2	26,5	40,7	7,7	31,6	44,5	8,1	29,2	42,9	7,9
20-30	25,6	39,4	7,7	26,8	41,0	8,0	32,1	44,8	8,3	29,0	42,4	7,6
0-20	25,8	39,9	7,8	26,9	41,1	8,1	32,4	45,1	8,5	28,9	42,3	7,5
Бузулук												
50-60	25,5	39,7	7,0	26,7	40,9	7,7	31,0	44,8	7,9	30,0	43,7	8,4
40-50	25,7	40,0	7,2	26,9	41,0	7,8	31,5	44,9	8,1	30,1	43,9	8,6
30-40	26,0	40,3	7,8	26,9	41,3	8,1	32,5	45,6	8,4	29,8	43,4	8,1
20-30	26,4	40,5	8,0	27,2	41,4	8,3	32,8	45,9	8,7	29,5	42,9	7,9
0-20	26,8	41,0	8,3	27,2	41,6	8,5	33,2	46,1	8,8	29,4	42,8	7,8
Альтаир												
50-60	25,2	38,6	6,7	26,5	40,5	7,6	30,8	44,7	7,8	29,6	43,6	8,3
40-50	25,4	39,1	6,6	26,5	40,8	7,7	31,3	45,0	8,0	29,5	43,4	8,3
30-40	25,6	39,6	7,4	26,7	41,0	7,9	31,8	45,3	8,2	29,4	43,1	8,0
20-30	25,9	40,0	7,9	27,0	41,3	8,0	32,4	45,6	8,6	29,2	42,6	7,7
0-20	26,2	40,5	8,1	27,1	41,3	8,2	32,9	45,9	8,6	29,3	42,7	7,8
Айтана												
50-60	24,8	37,3	6,2	25,6	39,7	7,0	29,2	43,6	7,4	28,9	42,5	7,8
40-50	25,0	37,8	6,3	25,8	39,8	7,1	30,3	44,0	7,4	29,1	42,9	8,0
30-40	25,3	38,2	6,8	26,0	40,1	7,3	30,8	44,2	7,8	28,8	42,0	7,5
20-30	25,5	38,6	7,3	26,4	40,7	7,6	31,5	44,5	8,0	28,3	41,8	7,3
0-20	25,5	39,6	7,5	26,4	40,8	7,7	31,9	44,8	8,2	27,8	41,6	7,2
Алисон РМ												
50-60	24,4	37,0	6,0	25,2	39,2	6,6	28,8	42,7	7,1	28,5	42,2	7,6
40-50	24,8	37,4	6,2	25,1	39,4	6,8	29,5	43,1	7,2	28,9	42,4	7,6
30-40	25,0	37,9	6,4	25,6	39,9	7,0	30,4	43,6	7,6	28,2	41,5	7,4
20-30	25,3	39,2	7,2	26,0	40,5	7,3	30,9	44,1	7,8	27,8	41,1	7,0
0-20	25,2	38,7	7,0	26,0	40,4	7,4	31,3	44,3	7,9	27,1	40,8	6,9

Согласно полученным результатам исследований было установлено, что в начале вегетации у изучаемых сортов и гибридов подсолнечника идет

постепенное увеличение площади листовой поверхности и в фазе полного цветения она достигает максимальных значений (37,0-46,1 тыс. м²/га), а в конце вегетации площадь листьев снижается до 6,0-8,8 тыс. м²/га за счет отмирания листьев в нижней части стебля.

Существенное воздействие на формирование листовой поверхности подсолнечника оказывали средства химизации и техногенное загрязнение почвы. Анализ данных таблицы 11 показал, что наиболее интенсивно ассимилирующая поверхность листьев развивалась на вариантах с применением одинарной и двойной доз NPK в комплексе с гербицидом. На контроле и варианте с гербицидом (без удобрений), напротив, площадь листовой поверхности подсолнечника уменьшалась, что связано с недостаточным уровнем минерального питания растений.

Практически у всех изучаемых сортов и гибридов подсолнечника наибольшая площадь листьев отмечалась на расстоянии 0-40 м от дороги, а по мере удаления от нее – снижалась. Это обусловлено низким содержанием микроэлементов (Zn, Cu) в почве, поэтому их поступление с выбросами автотранспорта способствует росту листовой поверхности растений на территории, примыкающей к дороге. Исключением являлся вариант с повышенной дозой удобрений (2NPK), где наблюдалась обратная закономерность и площадь листьев у сортов и гибридов увеличивалась при удалении от дороги. Вероятно, это связано с тем, что на расстоянии 0-40 м от дороги более высокие концентрации тяжелых металлов в почве данных участков, которые оказывают отрицательное воздействие на рост и развитие растений (приложения П, Р, С).

Изучение динамики образования листовой поверхности подсолнечника показало, что у раннеспелых сортов (Енисей, Бузулук) и гибрида (Альтаир) данный показатель был выше, чем у среднеранних гибридов (Айтана, Алисон РМ). Так, в фазу бутонизации площадь листьев у ранних сортов варьировала в пределах 25,0-33,2 тыс. м²/га, в фазу цветения – 37,8-46,1 тыс. м²/га, а в фазу спелости – 6,6-8,8 тыс. м²/га. У более поздних гибридов эти показатели были соответственно 24,4-31,9; 37,0-44,8; 6,0-8,2 тыс. м²/га.

Для оценки продуктивности подсолнечника определяли фотосинтетический потенциал посевов, который взаимосвязан с величиной надземной биомассы и урожайностью (приложение Е).

Результаты исследований показали, что в посевах подсолнечника фотосинтетический потенциал достигал наиболее высоких значений в конце вегетации в фазу цветение – созревание.

Сортовые особенности подсолнечника незначительно повлияли на фотосинтетический потенциал, который был несколько выше у раннеспелых сортов (Енисей, Бузулук) и гибрида (Альтаир). Данный показатель в большей степени зависел от доз применяемых удобрений и расстояния от автодороги.

Наиболее высокие значения фотосинтетического потенциала отмечались на вариантах с применением удобрений в совокупности с гербицидом. Так, у изучаемых сортов и гибридов на варианте с одинарной дозой NPK в начале вегетации данный показатель находился в пределах 649,3-656,3 тыс. $\text{м}^2 \cdot \text{сутки/га}$, в середине вегетации – 1017,4-1023,7 тыс. $\text{м}^2 \cdot \text{сутки/га}$, в конце вегетации – 1253,3-1258,8 тыс. $\text{м}^2 \cdot \text{сутки/га}$. Внесение двойной дозы удобрений приводило к некоторому снижению величины фотосинтетического потенциала, которая соответственно составляла 629,3-646,1 тыс. $\text{м}^2 \cdot \text{сутки/га}$; 944,9-955,2 тыс. $\text{м}^2 \cdot \text{сутки/га}$; 1196,4-1206,4 тыс. $\text{м}^2 \cdot \text{сутки/га}$.

На контроле и варианте с гербицидом (без удобрений) у всех изучаемых сортов и гибридов подсолнечника величина фотосинтетического потенциала уменьшалась. Так, в начале вегетации фотосинтетический потенциал находился в пределах 547,4-552,4 тыс. $\text{м}^2 \cdot \text{сутки/га}$, в середине вегетации – 866,7-904,4 тыс. $\text{м}^2 \cdot \text{сутки/га}$, в конце вегетации – 1081,6-1123,7 тыс. $\text{м}^2 \cdot \text{сутки/га}$.

Также, у всех изучаемых сортов и гибридов подсолнечника на контроле, вариантах с внесением гербицида и одинарной дозы удобрений наибольшие значения фотосинтетического потенциала отмечаются на участках, примыкающих к дороге, а по мере удаления от нее данный показатель снижается. На вариантах с двойной дозой минеральных удобрений на фоне гербицида данная тенденция менее выражена.

Величина надземной биомассы находится в тесной зависимости от фотосинтетической деятельности растений (Таблица 12).

Таблица 12 – Динамика формирования сухой биомассы подсолнечника, т/га (среднее за 2014-2017 гг.)

Расстояние от дороги, м	Контроль			Гербицид			Удобрения (1NPK) + гербицид			Удобрения (2NPK) + гербицид		
	Бу-тони-зация	Цве-те-ние	Спе-лость	Бу-тони-зация	Цве-те-ние	Спе-лость	Бу-тони-зация	Цве-те-ние	Спе-лость	Бу-тони-зация	Цве-те-ние	Спе-лость
Енисей												
50-60	3,34	4,25	5,32	3,44	4,81	5,84	3,82	5,59	7,94	4,28	6,36	8,38
40-50	3,41	4,31	5,39	3,48	4,89	5,92	3,93	5,93	8,26	3,95	6,23	8,22
30-40	3,54	4,66	5,62	3,62	4,97	5,99	4,04	6,22	8,49	3,76	5,98	8,03
20-30	3,73	4,75	5,64	3,82	5,06	6,05	4,12	6,54	8,71	3,64	5,57	7,65
0-20	3,77	4,82	5,76	3,88	5,14	6,13	4,36	6,81	8,86	3,73	5,78	7,83
Бузулук												
50-60	3,45	4,33	5,42	3,62	4,89	5,92	3,93	5,71	8,11	4,33	6,39	8,61
40-50	3,51	4,39	5,54	3,65	4,97	6,02	4,03	6,03	8,32	4,07	6,27	8,38
30-40	3,65	4,72	5,65	3,71	5,05	6,16	4,13	6,34	8,53	3,93	6,05	8,17
20-30	3,77	4,81	5,78	3,94	5,13	6,22	4,23	6,64	8,82	3,76	5,81	7,96
0-20	3,82	4,95	5,84	4,13	5,21	6,30	4,57	6,96	8,91	3,71	5,62	7,73
Альтаир												
50-60	3,37	4,26	5,36	3,56	4,84	5,87	3,87	5,63	8,06	4,29	6,38	8,54
40-50	3,42	4,30	5,42	3,59	4,92	5,94	3,99	5,98	8,18	4,01	6,22	8,32
30-40	3,56	4,68	5,61	3,65	5,02	6,01	4,08	6,32	8,44	3,88	5,96	8,11
20-30	3,75	4,78	5,68	3,86	5,09	6,08	4,16	6,59	8,72	3,72	5,82	7,92
0-20	3,79	4,86	5,78	4,05	5,16	6,15	4,45	6,87	8,89	3,69	5,59	7,71
Айтана												
50-60	3,26	4,21	5,27	3,35	4,79	5,81	3,81	5,58	7,82	4,22	6,32	8,33
40-50	3,32	4,29	5,38	3,39	4,86	5,89	3,91	6,04	8,16	3,87	6,12	8,18
30-40	3,48	4,57	5,57	3,58	4,93	5,94	4,01	6,27	8,35	3,79	5,91	7,93
20-30	3,65	4,66	5,60	3,79	5,02	5,99	4,11	6,43	8,52	3,68	5,71	7,81
0-20	3,73	4,76	5,67	4,09	5,12	6,11	4,25	6,72	8,78	3,63	5,51	7,60
Алисон РМ												
50-60	3,22	4,19	5,21	3,29	4,76	5,79	3,71	5,54	7,75	4,13	6,30	8,31
40-50	3,29	4,23	5,34	3,36	4,81	5,80	3,83	5,81	8,04	3,83	6,07	8,14
30-40	3,45	4,52	5,54	3,52	4,89	5,91	3,91	6,14	8,26	3,72	5,92	7,89
20-30	3,62	4,62	5,58	3,74	4,95	6,01	4,05	6,38	8,46	3,57	5,48	7,52
0-20	3,67	4,71	5,61	3,98	5,09	6,08	4,19	6,69	8,72	3,62	5,66	7,72

Изучение динамики формирования сухой биомассы подсолнечника позволяет отметить, что в начале вегетационного периода она увеличивается

медленно, затем темпы приростов возрастают и достигают максимальных значений к фазе хозяйственной спелости.

Биологическая продуктивность сухой биомассы посевов подсолнечника в среднем в фазу спелости достигала 5,21-8,91 т/га. Анализ полученных данных показал, что накопление сухой биомассы несколько выше у ранних сортов (Енисей, Бузулук) и гибрида (Альтаир), по сравнению с более поздними гибридами (Айтана, Алисон РМ).

Результаты исследований показали, что у всех сортов подсолнечника наиболее эффективное накопление сухой биомассы отмечалось на вариантах с удобрениями в сочетании с гербицидом. Так, в фазу полной спелости продуктивность сухой биомассы достигала 7,75-8,91 т/га при внесении одинарной дозы NPK, и 7,52-8,61 т/га на варианте с двойной дозой удобрений. На контроле и при применении только гербицида этот показатель снижался соответственно до 5,21-5,84 т/га и 5,79-6,30 т/га.

Повышенные концентрации тяжелых металлов в придорожной полосе оказали положительное воздействие на накопление сухой биомассы подсолнечника. Практически на всех вариантах у изучаемых сортов и гибридов наблюдается увеличение данного показателя по мере приближения к дороге (0-40 м). Это обусловлено лучшей обеспеченностью почвы микроэлементами, находящимися в дефиците (Cu, Zn), которые необходимы для формирования биомассы подсолнечника.

Только на варианте с двойной дозой удобрений (2NPK) величина сухой биомассы достигает максимальных значений на расстоянии 50-60 м от дороги. В данном случае, это объясняется синергетическим действием удобрений и повышенных концентраций тяжелых металлов в почве придорожных полос, и их избыточным поступлением в растения в течение вегетационного периода.

Таким образом, на основании полученных результатов, можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее высокие значения площади листовой поверхности в посевах подсолнечника отмечались в фазе полного цветения, к концу вегетации она уменьшалась за счет оттока питательных веществ из листьев в нижней части стебля и их засыхания.

2. Величина фотосинтетического потенциала и продуктивности сухой биомассы подсолнечника достигали максимальных значений к фазе хозяйственной спелости.

3. У раннеспелых сортов (Енисей, Бузулук) и гибрида (Альтаир) отмечались более высокие показатели площади листовой поверхности, фотосинтетического потенциала и продуктивности сухой биомассы, в сравнении с гибридами более поздних сроков созревания (Айтана, Алисон РМ).

4. Фотосинтетическая деятельность растений зависела от применяемых средств химизации. Наиболее интенсивное формирование листовой поверхности подсолнечника отмечалось при внесении минеральных удобрений и гербицида. На контроле и варианте с гербицидом (без удобрений) площадь листовой поверхности была меньше у всех изучаемых сортов и гибридов. Отмеченные закономерности сохранялись и по динамике накопления сухой биомассы и по величине фотосинтетического потенциала посевов подсолнечника.

5. Накопление тяжелых металлов в почве придорожных полос практически не оказало отрицательного воздействия на развитие ассимиляционного аппарата посевов подсолнечника и его продуктивность. Напротив, у изучаемых сортов и гибридов показатели фотосинтетической деятельности растений, в основном, увеличивались, на примыкающих к дороге участках, за счет повышения в почве концентраций микроэлементов, находящихся в дефиците. Только на варианте с двойной дозой NPK на расстоянии 0-40 м от дороги было отмечено угнетающее воздействие тяжелых металлов на растения подсолнечника, что, вероятно, связано с более высокими их концентрациями в почве данных участков на фоне повышенных доз минеральных удобрений.

4.3 Анализ биометрических показателей и элементов структуры урожая подсолнечника

В процессе экспериментальной работы проводился учет биометрических показателей подсолнечника, которые определяют его продуктивность. Изучалось влияние автотранспорта и средств химизации на диаметр корзинки подсолнечника, рассчитывалась ее продуктивная площадь.

В тесной зависимости от биометрических показателей находятся элементы структуры урожая, такие как количество и масса маслосемян в одной корзинке, а также масса 1000 маслосемян.

Форма, размер корзинки – это сортовые признаки, однако в зависимости от складывающихся экологических условий, применяемых приемов агротехники они варьируют, о чем свидетельствуют результаты наших исследований (Таблица 13).

Согласно полученным данным, наиболее крупный диаметр корзинки был у раннеспелых сортов Енисей и Бузулук, и гибрида Альтаир, продолжительность периода вегетации, которых составляет от 75 до 85 дней. На контрольном варианте в среднем за четыре года диаметр корзинки у этих сортов и гибрида находился в пределах 14,6-16,4 см, а общая площадь соответственно 167,3-211,1 см². Среднеранние гибриды (Айтана, Алисон РМ) характеризовались более длительным периодом вегетации (100-110 дней) и более низкими биометрическими показателями. Так, на контроле диаметр корзинки у них варьировал от 13,9 до 15,5 см, а общая площадь соответственно от 151,7 до 188,6 см².

На биометрические показатели соцветий подсолнечника оказали влияние применяемые удобрения и средства защиты растений, а также расположение посевов по отношению к дороге.

На варианте с применением гербицида (без удобрений) значения изучаемых показателей были несколько выше, чем на контроле. Диаметр корзинки и продуктивная площадь изменялись в пределах 15,4-16,8 см и 186,2-221,6

см² у ранних сортов и гибрида, и соответственно 14,7-15,8 см и 169,6-196,0 см² – у среднеранних гибридов.

Таблица 13 – Биометрические показатели сортов и гибридов подсолнечника (среднее за 2014-2017 гг.)

Расстояние от дороги, м	Контроль		Гербицид		Удобрения (1NPK) + гербицид		Удобрения (2NPK) + гербицид	
	Диаметр, корзинок, см	Общая площадь, см ²	Диаметр корзинок, см	Общая площадь, см ²	Диаметр корзинок, см	Общая площадь, см ²	Диаметр корзинок, см	Общая площадь, см ²
Енисей								
50-60	14,6	167,3	15,4	186,2	17,3	234,9	17,2	232,2
40-50	14,8	171,9	15,5	188,6	17,3	234,9	17,1	229,5
30-40	15,4	186,2	15,8	196,0	17,6	243,2	16,5	213,7
20-30	15,8	196,0	16,2	206,0	18,0	254,3	16,2	206,0
0-20	15,9	198,5	16,2	206,0	18,2	260,0	16,1	203,5
Бузулук								
50-60	15,4	186,2	15,9	198,5	17,5	240,4	17,6	243,2
40-50	15,3	183,8	15,9	198,5	17,5	240,4	17,5	240,4
30-40	15,9	198,5	16,2	206,0	17,8	248,7	16,9	224,2
20-30	16,2	206,0	16,7	218,9	18,3	262,9	16,6	216,3
0-20	16,4	211,1	16,8	221,6	18,4	265,8	16,5	213,7
Альтаир								
50-60	14,9	174,3	15,7	193,5	17,3	234,9	17,4	237,7
40-50	15,0	176,6	15,8	196,0	17,4	237,7	17,2	232,2
30-40	15,6	191,0	16,0	201,0	17,7	245,9	16,7	218,9
20-30	15,9	198,5	16,3	208,6	18,2	260,0	16,4	211,1
0-20	16,1	203,5	16,4	211,1	18,3	262,9	16,4	211,1
Айтана								
50-60	14,3	160,5	15,0	176,6	16,9	224,2	16,8	221,6
40-50	14,4	162,8	15,1	179,0	16,8	221,6	16,9	224,2
30-40	15,0	176,6	15,3	183,8	17,2	232,2	16,1	203,5
20-30	15,5	188,6	15,7	193,5	17,8	248,7	15,6	191,0
0-20	15,4	186,2	15,8	196,0	17,8	248,7	15,6	191,0
Алисон РМ								
50-60	13,9	151,7	14,7	169,6	16,6	216,3	16,5	213,7
40-50	14,0	153,9	14,7	169,6	16,7	218,9	16,4	211,1
30-40	14,7	169,6	15,0	176,6	16,9	224,2	15,8	196,0
20-30	14,9	174,3	15,3	183,8	17,3	234,9	15,3	183,8
0-20	15,0	176,6	15,4	186,2	17,4	237,7	15,2	181,4

При выращивании изучаемых сортов и гибридов подсолнечника прослеживается четкая закономерность, которая проявляется в увеличении биометрических показателей корзинки при применении минеральных удобрений с гербицидом, в сравнении с контролем, что обусловлено более высоким

уровнем минерального питания растений. Наиболее благоприятные условия для выращивания подсолнечника складывались на варианте с одинарной дозой NPK в сочетании с гербицидом, где диаметр корзинки увеличивался до 17,3-18,4 см, а продуктивная площадь была 234,9-265,8 см² у ранних сортов и гибрида, а у среднеранних гибридов эти показатели соответственно составляли 16,6-17,8 см и 216,3-248,7 см².

Внесение повышенных доз минеральных удобрений не привело к существенному увеличению диаметра и продуктивной площади корзинки. Так, на варианте с двойной дозой NPK биометрические показатели подсолнечника повысились в сравнении с контролем, но были ниже, чем на варианте с одинарной дозой удобрений. Это, вероятно, связано с синергетическим влиянием высоких доз удобрений и выхлопных газов автотранспорта, которые являются источниками поступления в почву тяжелых металлов и оказывают угнетающее воздействие на растения.

Этот факт подтверждается данными, согласно которым, при внесении двойной дозы минеральных удобрений у изучаемых сортов и гибридов диаметр и площадь корзинки увеличиваются по мере удаления от дороги. При этом на остальных вариантах, напротив, значения биометрических показателей более высокие на участках, примыкающих к дороге (0-40 м). В первом случае, тяжелые металлы имеют повышенные концентрации в почве и относятся к токсикантам, а во втором – они являются микроэлементами и положительно влияют на растения подсолнечника.

К важнейшим элементам структуры урожая подсолнечника относятся количество и масса маслосемян в одной корзинке, а также масса 1000 маслосемян. Данные показатели находятся в тесной зависимости от биологических особенностей сортов и гибридов, уровня корневого питания и загрязнения почвы тяжелыми металлами (Таблица 14).

Таблица 14 – Элементы структуры урожая сортов и гибридов
подсолнечника (среднее за 2014-2017 гг.)

Расстояние от дороги, м	Контроль			Гербицид			Удобрения (1NPK) + гербицид			Удобрения (2NPK) + гербицид		
	Количество маслосемян в корзине, шт.	Масса масло- семян с 1 корзинки, г	Масса 1000 маслосемян, г	Количество маслосемян в корзине, шт.	Масса масло- семян с 1 корзинки, г	Масса 1000 маслосемян, г	Количество маслосемян в корзине, шт.	Масса масло- семян с 1 корзинки, г	Масса 1000 маслосемян, г	Количество маслосемян в корзине, шт.	Масса масло- семян с 1 корзинки, г	Масса 1000 маслосемян, г
Енисей												
50-60	799	40,1	50,6	824	41,0	51,7	903	42,8	53,3	927	43,1	53,8
40-50	802	40,2	50,6	826	41,1	51,8	915	43,0	53,4	923	42,9	53,7
30-40	816	40,8	51,9	843	41,7	52,5	922	43,5	54,0	909	42,2	52,9
20-30	824	41,4	52,5	858	42,3	53,1	938	44,2	54,6	897	41,6	52,2
0-20	831	41,6	52,6	869	42,4	53,3	941	44,3	54,7	884	41,4	52,0
Бузулук												
50-60	832	43,4	55,4	869	44,6	56,6	932	45,6	57,1	951	46,5	58,4
40-50	836	43,4	55,3	872	44,7	56,5	936	45,6	57,2	950	46,6	58,5
30-40	853	44,5	56,6	894	45,6	57,2	949	46,4	58,7	937	45,9	57,8
20-30	868	45,0	57,3	908	46,3	58,1	960	47,0	59,5	926	45,1	57,2
0-20	876	45,2	57,4	915	46,5	58,3	969	47,2	59,6	924	45,0	57,1
Альтаир												
50-60	810	40,6	51,9	848	42,3	53,1	918	43,5	55,0	938	43,7	56,3
40-50	813	40,7	52,2	852	42,4	53,2	921	43,4	55,1	936	43,3	56,2
30-40	834	41,6	53,5	874	43,2	54,3	930	44,3	55,9	921	43,4	55,8
20-30	849	42,4	54,2	889	43,7	55,5	949	45,2	56,5	908	42,6	54,4
0-20	852	42,5	54,3	894	43,8	55,8	950	45,3	56,6	902	42,5	54,2
Айтана												
50-60	772	38,6	49,7	799	40,2	50,4	882	41,7	52,0	904	42,4	53,0
40-50	774	38,7	49,6	801	40,4	50,6	886	41,8	52,2	906	42,4	52,9
30-40	795	39,5	50,5	826	40,9	51,4	897	42,6	52,9	885	41,8	51,8
20-30	812	40,1	51,4	842	41,6	52,6	919	43,4	53,3	873	40,9	51,3
0-20	816	40,3	51,5	844	41,7	52,6	922	43,5	53,3	870	40,8	51,2
Алисон РМ												
50-60	754	37,6	48,5	782	39,0	49,4	865	40,5	51,1	890	41,6	51,8
40-50	756	37,7	48,4	788	39,2	49,6	867	40,5	50,9	893	41,8	51,9
30-40	773	38,4	50,6	805	39,9	50,3	874	41,7	51,7	861	40,7	51,0
20-30	795	39,5	51,7	817	40,8	51,5	902	42,3	52,5	856	39,8	50,6
0-20	794	39,7	51,8	821	40,9	51,4	906	42,4	52,4	854	39,6	50,6

Проведенные исследования показали, что на контроле и варианте с гербицидом показатели структуры урожая подсолнечника меньше, чем на вариантах с применением удобрений, что связано с низким уровнем питания растений. Так, на контроле количество маслосемян в корзинке варьировало от 754 до 876 шт., их масса была в пределах 37,6-45,2 г, а масса 1000 маслосемян – 48,5-57,4 г. На варианте с применением только гербицида эти показатели соответственно составляли 782-915 шт.; 39,0-46,5 г; 49,4-58,3 г.

Наиболее высокие значения количества и массы маслосемян подсолнечника отмечались на варианте с применением одинарной дозы минеральных удобрений в сочетании с гербицидом. Здесь значения элементов структуры урожая находились в пределах 865-969 шт.; 40,5-47,2 г; 50,9-59,6 г.

На варианте с внесением двойной дозы минеральных удобрений наблюдалось снижение данных показателей, что, вероятно, связано как с повышенной концентрацией солей NPK, так и с более высоким содержанием тяжелых металлов в почве.

Следует отметить, что элементы структуры урожая подсолнечника зависели от сортовых особенностей. У раннеспелых сортов (Енисей, Бузулук) и гибрида (Альтаир) эти показатели были выше, чем у среднеранних гибридов (Айтана, Алисон РМ), что обусловлено более коротким периодом вегетации, в течение которого тяжелые металлы в меньшей степени накапливались в растениях.

Повышенные концентрации тяжелых металлов в почве, в большинстве случаев, не оказали отрицательного влияния на элементы структуры урожая подсолнечника, значения которых увеличивались по мере приближения к дороге, что связано с лучшей обеспеченностью почвы микроэлементами, находящимися в дефиците (Cu, Zn). Только на варианте с двойной дозой NPK в сочетании с гербицидом наблюдалась обратная тенденция, и данные показатели повышались при удалении от дороги на расстояние 40-60 м. Это обусловлено более высокими концентрациями солей NPK и тяжелых металлов в

почве, источником которых являются повышенные дозы минеральных удобрений и выхлопные газы автотранспорта.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. На биометрические показатели и элементы структуры урожая подсолнечника оказывают влияние биологические особенности сортов и гибридов, уровень корневого питания и загрязнения почвы тяжелыми металлами под воздействием автотранспорта.

2. По изучаемым показателям подсолнечника лучшими были ранние сорта Енисей, Бузулук и гибрид Альтаир (диаметр корзинки на контроле составлял 14,6-16,4 см, а общая площадь 167,3-211,1 см²), что обусловлено более коротким периодом вегетации, в течение которого тяжелые металлы в меньшей степени накапливались в растениях.

3. На варианте с применением одинарной дозы минеральных удобрений в сочетании с гербицидом складывались оптимальные условия для роста и развития растений, и отмечались наиболее высокие значения биометрических показателей (диаметр и площадь корзинки 17,3-18,4 см и 234,9-265,8 см²) и элементов структуры урожая (количество и масса маслосемян в корзинке 865-969 шт. и 40,5-47,2 г). При внесении двойной дозы удобрений наблюдалось уменьшение данных показателей, что, вероятно, связано с более высокими концентрациями солей NPK и тяжелых металлов в почве. Наиболее низкие их значения были на контроле и варианте с применением только гербицида, что обусловлено недостаточным уровнем минерального питания растений.

4. Воздействие автотранспорта необходимо изучать в комплексе с применением средств химизации. На контроле, вариантах с использованием гербицида и одинарных доз удобрений значения биометрических показателей и элементов структуры урожая наиболее высокие на расстоянии 0-40 м от дороги, что обусловлено лучшей обеспеченностью почвы микроэлементами, находящимися в дефиците (Cu, Zn). В тоже время, при применении повышенных доз минеральных удобрений (2NPK) совместно с гербицидом в поч-

ве увеличиваются концентрации тяжелых металлов, которые оказывают угнетающее воздействие на сорта и гибриды подсолнечника, поэтому при приближении к дороге изучаемые показатели снижаются.

4.4 Урожайность и качество маслосемян подсолнечника

Научно обоснованное применение удобрений и средств защиты растений имеет большое значение в формировании высокого урожая подсолнечника хорошего качества. Однако необходимо также учитывать биологические особенности сортов и гибридов подсолнечника, и уровень загрязнения почвы тяжелыми металлами, источником которых являются выбросы автотранспорта.

В работе изучалось воздействие средств химизации в условиях техногенного загрязнения почвы на урожайность сортов и гибридов подсолнечника различных сроков созревания (Таблица 15).

Математическая обработка полученных данных проводилась методом многофакторного дисперсионного анализа. При анализе оценивалось действие на урожайность трех факторов: фактор А – расстояние от дороги, фактор В – сорт, фактор С – средства химизации (приложения Ж-К). Расчеты показали, что во все годы исследований влияние всех трех факторов было значимым, за исключением 2014 г., где влияние фактора А (расстояние от дороги) было не значимо.

Согласно полученным данным, на контроле урожайность маслосемян подсолнечника в среднем за 4 года находилась в пределах от 1,73 до 2,08 т/га. На варианте с внесением гербицида она увеличивалась до 1,94-2,31 т/га. При применении одинарной дозы удобрений в сочетании с гербицидом складывались наиболее благоприятные условия минерального питания растений, и урожайность маслосемян подсолнечника составляла 2,31-2,68 т/га, что на 16-19% выше, чем на контроле. Внесение повышенных доз минеральных удобрений (2NPK) на фоне гербицида было менее эффективно и не приводило к зна-

чительному увеличению урожайности, которая находилась в пределах 2,30-2,60 т/га.

Таблица 15 – Урожайность маслосемян сортов и гибридов подсолнечника, т/га (среднее за 2014-2017 гг.)

Расстояние от дороги, м	Контроль	Гербицид	Удобрения (1NPK) + гербицид	Удобрения (2NPK) + гербицид
Енисей				
50-60	1,79	2,06	2,37	2,41
40-50	1,79	2,07	2,38	2,42
30-40	1,82	2,09	2,42	2,40
20-30	1,85	2,12	2,45	2,38
0-20	1,86	2,12	2,46	2,37
Бузулук				
50-60	2,02	2,27	2,65	2,59
40-50	2,03	2,27	2,65	2,60
30-40	2,05	2,28	2,66	2,58
20-30	2,07	2,30	2,69	2,58
0-20	2,08	2,31	2,68	2,57
Альтаир				
50-60	1,91	2,13	2,52	2,48
40-50	1,91	2,14	2,52	2,48
30-40	1,93	2,16	2,54	2,46
20-30	1,96	2,17	2,55	2,44
0-20	1,96	2,18	2,56	2,44
Айтана				
50-60	1,77	1,97	2,37	2,39
40-50	1,77	1,98	2,36	2,37
30-40	1,79	2,02	2,39	2,37
20-30	1,82	2,06	2,42	2,35
0-20	1,82	2,05	2,41	2,34
Алисон РМ				
50-60	1,73	1,95	2,31	2,35
40-50	1,74	1,94	2,32	2,36
30-40	1,76	1,98	2,35	2,33
20-30	1,78	1,99	2,35	2,31
0-20	1,78	2,02	2,37	2,30

Возделывание подсолнечника в придорожной полосе не оказало негативного влияния на урожайность подсолнечника, напротив, на контроле и вариантах с применением только гербицида, а также одинарной дозы удоб-

рений этот показатель несколько увеличивался на расстоянии 0-40 м от дороги. Исключением являлся вариант с двойной дозой удобрений в комплексе с гербицидом, где урожайность существенно снижалась на участках, примыкающих к дороге, и возрастала по мере удаления от нее.

Результаты исследований показали, что у раннеспелых сортов (Енисей, Бузулук) и гибрида (Альтаир) подсолнечника урожайность несколько выше, чем у среднеранних (Айтана, Алисон РМ). Это обусловлено их биологическими особенностями, а также ранние сорта имеют более короткий период вегетации и меньше накапливают тяжелых металлов.

К основным показателям, определяющим качество маслосемян подсолнечника, относятся масличность и маслопродуктивность, т.е. сбор масла с единицы площади (Таблица 16).

Масличность маслосемян подсолнечника взаимосвязана с биологическими особенностями сортов и гибридов. Анализ данных таблицы 16 показал, что наиболее высокой масличностью характеризовался сорт Бузулук, у которого на отдельных вариантах она достигала 50,6%. Наименьшая масличность маслосемян была у сорта Енисей, значения этого показателя не превышали 46%. Остальные изучаемые гибриды по масличности занимали промежуточное положение.

На масличность маслосемян подсолнечника оказывает влияние уровень минерального питания. На вариантах с применением удобрений отмечается некоторое снижение масличности (44,0-49,9%), по сравнению с контролем (45,6-50,5%). На вариантах с внесением только гербицида этот показатель был на уровне контроля.

Таблица 16 – Основные показатели качества маслосемян сортов
и гибридов подсолнечника (среднее за 2014-2017 гг.)

Расстояние от дороги, м	Контроль		Гербицид		Удобрения (1NPK) + гербицид		Удобрения (2NPK) + гербицид	
	Масличность, %	Выход масла, т/га	Масличность, %	Выход масла, т/га	Масличность, %	Выход масла, т/га	Масличность, %	Выход масла, т/га
Енисей								
50-60	45,6	0,82	45,4	0,94	44,8	1,06	44,9	1,08
40-50	45,7	0,82	45,6	0,94	44,9	1,07	44,8	1,08
30-40	45,7	0,83	45,8	0,96	45,1	1,09	44,3	1,06
20-30	45,9	0,85	45,9	0,97	45,2	1,11	44,1	1,05
0-20	45,9	0,85	46,0	0,98	45,3	1,11	44,0	1,04
Бузулук								
50-60	50,2	1,01	50,0	1,14	49,4	1,31	49,6	1,28
40-50	50,2	1,02	50,1	1,14	49,5	1,31	49,4	1,28
30-40	50,3	1,03	50,4	1,15	49,7	1,32	48,9	1,26
20-30	50,5	1,05	50,6	1,16	49,9	1,34	48,6	1,25
0-20	50,4	1,05	50,5	1,17	49,8	1,33	48,6	1,25
Альтаир								
50-60	48,6	0,93	48,7	1,04	47,8	1,20	47,7	1,18
40-50	48,6	0,93	48,8	1,04	47,9	1,21	47,8	1,19
30-40	48,9	0,94	48,9	1,06	48,2	1,22	47,4	1,17
20-30	48,7	0,95	49,1	1,07	48,0	1,22	47,1	1,15
0-20	48,8	0,96	49,0	1,07	48,2	1,23	47,0	1,15
Айтана								
50-60	47,1	0,83	47,0	0,93	46,3	1,10	45,8	1,09
40-50	47,0	0,85	46,9	0,93	46,4	1,10	45,8	1,09
30-40	47,2	0,84	47,3	0,96	46,5	1,11	45,6	1,08
20-30	47,4	0,86	47,5	0,98	46,7	1,13	45,4	1,07
0-20	47,4	0,86	47,6	0,98	46,6	1,12	45,3	1,06
Алисон РМ								
50-60	47,6	0,82	47,8	0,93	46,9	1,08	46,9	1,10
40-50	47,7	0,83	47,9	0,93	46,8	1,09	46,7	1,10
30-40	47,8	0,84	48,0	0,95	47,2	1,11	46,5	1,08
20-30	48,0	0,85	48,3	0,96	47,4	1,11	46,5	1,07
0-20	48,1	0,86	48,4	0,98	47,6	1,13	46,3	1,06

В то же время, на вариантах с удобрениями отмечался наибольший выход масла с единицы площади, за счет более высокой урожайности подсолнечника. Наиболее продуктивным был сорт Бузулук, у которого выход масла в среднем составил 1,01-1,34 т/га. Также, высокими значениями маслопродуктивности характеризовался гибрид Альтаир (0,93-1,23 т/га). У сорта Енисей и остальных гибридов сбор масла варьировал от 0,82 до 1,13 т/га.

На контроле выход масла с единицы площади был наиболее низким (0,82-1,05 т/га). Применение гербицида и удобрений способствовало повышению данного показателя, а максимальная маслопродуктивность у всех изучаемых сортов и гибридов подсолнечника была на варианте с одинарной дозой NPK (1,06-1,34 т/га).

Масличность и продуктивность маслосемян подсолнечника несколько увеличивались по мере приближения к дороге, что можно объяснить положительным влиянием подвижных форм меди и цинка, за счет повышения их концентрации в почве придорожной зоны. Только на варианте с двойной дозой NPK наблюдается обратная тенденция и на расстоянии 0-40 м от дороги качественные показатели маслосемян подсолнечника ухудшаются. Это обусловлено синергетическим действием повышенных доз минеральных удобрений и выбросов автотранспорта, за счет которых содержание тяжелых металлов возрастает в почве данных участков, что приводит к снижению урожайности и ухудшению качества основной продукции (приложения Т, У).

Для подтверждения отмеченных закономерностей нами проводилось определение содержания тяжелых металлов в маслосеменах подсолнечника.

Несмотря на избирательное поглощение микроэлементов растениями, в результате техногенного загрязнения почв наблюдается избыточное накопление тяжелых металлов в их вегетативных и генеративных органах [62].

В условиях возрастающей антропогенной нагрузки на экосистемы, необходимо определить какие микроэлементы и в каких количествах поглощаются растениями из окружающей среды. В этой связи, в работе изучалось влияние удобрений и гербицида на содержание тяжелых металлов в масло-

семенах подсолнечника, произрастающего в условиях техногенного загрязнения.

В результате проведенных исследований было установлено, что накопление тяжелых металлов в маслосеменах подсолнечника определяется следующими факторами: расстоянием от автодороги, внесенными удобрениями и продолжительностью периода вегетации подсолнечника (Таблица 17).

Согласно данным таблицы, маслосемена изучаемых сортов и гибридов содержали только следы кадмия преимущественно на участках, примыкающих к дороге. Остальные тяжелые металлы (Pb, Zn, Cu) в основной продукции подсолнечника не обнаружены.

Накопление тяжелых металлов в маслосеменах зависит от сортовых особенностей подсолнечника, чем короче вегетационный период, тем меньше вероятность накопления загрязняющих веществ в растениях. Наиболее экологически чистые маслосемена были у раннеспелых сортов Енисей, Бузулук и гибрида Альтаир, которые имеют короткий период вегетации. Так, на контроле и варианте с использованием гербицида тяжелые металлы в маслосеменах не обнаружены. При внесении одинарной и двойной доз минеральных удобрений в сочетании с гербицидом следы кадмия обнаружены в маслосеменах растений, соответственно произрастающих на расстоянии 0-20 м и 20-30 м от дороги.

Таблица 17 – Содержание тяжелых металлов в маслосеменах подсолнечника
(среднее за 2014-2017 гг.)

Расстояние от дороги, м	Контроль	Гербицид	Удобрения (1NPK) + гербицид	Удобрения (2NPK) + гербицид
Енисей				
50-60	-	-	-	-
40-50	-	-	-	-
30-40	-	-	-	-
20-30	-	-	-	Cd, следы
0-20	-	-	Cd, следы	Cd, следы
Бузулук				
50-60	-	-	-	-
40-50	-	-	-	-
30-40	-	-	-	-
20-30	-	-	-	Cd, следы
0-20	-	-	Cd, следы	Cd, следы
Альтаир				
50-60	-	-	-	-
40-50	-	-	-	-
30-40	-	-	-	-
20-30	-	-	-	Cd, следы
0-20	-	-	Cd, следы	Cd, следы
Айтана				
50-60	-	-	-	-
40-50	-	-	-	-
30-40	-	-	-	Cd, следы
20-30	-	-	Cd, следы	Cd, следы
0-20	Cd, следы	Cd, следы	Cd, следы	Cd, следы
Алисон РМ				
50-60	-	-	-	-
40-50	-	-	-	-
30-40	-	-	-	Cd, следы
20-30	-	-	Cd, следы	Cd, следы
0-20	Cd, следы	Cd, следы	Cd, следы	Cd, следы

У среднеранних гибридов Айтана и Алисон РМ, которые характеризуются более длительным периодом вегетации, следы кадмия обнаружены в маслосеменах на всех вариантах опыта. На контроле и варианте с применением только гербицида остаточные количества кадмия содержатся в масло-

семенах растений, которые выращиваются на делянках, примыкающих к дороге (0-20 м). При внесении одинарной дозы удобрений с гербицидом следы кадмия обнаружены в маслосеменах растений, произрастающих на расстоянии 0-20 и 20-30 м от дороги, а на вариантах с двойной дозой NPK техногенная нагрузка возрастает и Cd содержится в маслосеменах подсолнечника даже при удалении на 40 м от проезжей части.

Накопление кадмия в маслосеменах подсолнечника связано с его высокой подвижностью в почвах. Активность Cd сильно зависит от pH. Кадмий наиболее подвижен в кислых почвах в интервале pH 4,5-5,5. Изучение ряда методов, предназначенных для управления режимом загрязненных кадмием сельскохозяйственных угодий, показало, что они основаны на повышении pH и катионообменной емкости почв. Однако хотя известкование рассчитано на ослабление поглощения Cd при увеличении pH, оно эффективно не для всех почв и растений. По некоторым данным, наиболее надежные результаты по снижению биодоступности кадмия были получены при насыпке поверх загрязненной почвы слоя незараженной почвы толщиной до 30 см [62].

Результаты исследований показали, что выхлопные газы автотранспорта и применение удобрений приводят к увеличению концентрации Cd в почве. Вследствие высокой подвижности кадмий поглощается растениями и накапливается в них. Подкисление почвенного раствора, обусловленное применением физиологически кислых удобрений, также приводит к мобилизации Cd и его аккумуляции в растениях. В этой связи, в придорожной зоне необходимо контролировать содержание тяжелых металлов в почве и в растениях, высевать ранние сорта и гибриды подсолнечника, вносить удобрения в дозах, не приводящих к подкислению почвы.

Таким образом, на основании проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее благоприятные условия минерального питания растений складывались на варианте с применением одинарной дозы удобрений в сочетании с гербицидом, где отмечалась самая высокая урожайность маслосемян

подсолнечника. Внесение повышенных доз минеральных удобрений на фоне гербицида было менее эффективно и не приводило к значительному увеличению урожайности.

2. Применение удобрений способствовало снижению масличности маслосемян, по сравнению с контролем. Однако на данных вариантах отмечался наибольший выход масла с единицы площади, особенно при внесении одинарной дозы NPK с гербицидом, за счет увеличения урожайности маслосемян подсолнечника.

3. Возделывание подсолнечника в придорожной полосе не оказало существенного негативного влияния на его урожайность и масличность маслосемян. Напротив, эти показатели несколько возрастали по мере приближения к дороге, что можно объяснить положительным воздействием микроэлементов (меди и цинка), содержание которых повышается в почве придорожной зоны. Исключением являлся вариант с двойной дозой минеральных удобрений в комплексе с гербицидом, где снижалась урожайность и качество маслосемян на участках, примыкающих к дороге, что обусловлено повышенными концентрациями в почве тяжелых металлов, которые в данном случае являются токсикантами.

4. Биологические особенности сортов и гибридов подсолнечника определяют величину урожайности и качество маслосемян. Наиболее продуктивным был сорт Бузулук, который отличался и более высокой масличностью, в сравнении с другими изучаемыми сортами и гибридами. В целом, у раннеспелых сортов (Енисей, Бузулук) и гибрида (Альтаир) урожайность маслосемян была выше, чем у среднеранних гибридов (Айтана, Алисон РМ), так как растения с более коротким периодом вегетации меньше накапливали тяжелых металлов.

5. Маслосемена раннеспелых сортов и гибрида подсолнечника более экологически чистые, поскольку содержали следы кадмия только на вариантах с применением удобрений на расстоянии 0-20 и 20-30 м от дороги. У среднеранних гибридов остаточные количества Cd были в маслосеменах на

всех вариантах опыта, примыкающих к дороге. При этом внесение одинарной и двойной доз NPK привело к увеличению антропогенной нагрузки на агроценозы, и следы кадмия обнаружены в маслосеменах растений, соответственно произрастающих на расстоянии от 0-20 до 30-40 м от дороги.

5 ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД ПОДСОЛНЕЧНИК

В последние годы все большую актуальность приобретает проблема снижения затрат энергии на производство сельскохозяйственной продукции.

Дальнейшая интенсификация сельскохозяйственного производства, рост продуктивности земледелия сопровождаются увеличением затрат невозобновляемой энергии, в том числе и в результате возрастающего объема применения удобрений.

В настоящее время, в связи с нестабильностью закупочных цен на сельскохозяйственную продукцию и цен на минеральные удобрения, расчет экономической эффективности за прошедшие годы не будет отвечать реалиям сегодняшнего дня, поэтому мы считаем, что более целесообразно в своей работе провести расчет энергетической эффективности.

Под энергетической эффективностью понимают соотношение энергии, накопленной в прибавке урожая от применения гербицидов и удобрений к энергозатратам на их использование.

Расчет энергетической эффективности проводили в соответствии с методикой, изложенной в учебном пособии А.В. Дедова «Оценка севооборотов» [48].

Расчет проводили по вариантам с минеральными удобрениями в комплексе с гербицидом. В соответствии с нормативами, энергозатраты на варианте, где применялись $N_{60}P_{60}K_{60}$ и гербицид составили 9480 МДж, а на варианте с $N_{120}P_{120}K_{120}$ и гербицидом – 18750 МДж.

Расчет энергетического КПД по вариантам опыта представлен в таблице 18.

Как видно из представленных данных, энергетический КПД в зависимости от расстояния от дороги и сортов изменялся незначительно и составил в среднем за четыре года для варианта $N_{60}P_{60}K_{60}$ + гербицид 1,44-1,59, а для варианта $N_{120}P_{120}K_{120}$ + гербицид – 0,61-0,81.

Таблица 18 – Энергетическая эффективность применения удобрений под подсолнечник (среднее за 2014-2017 гг.)

Расстояние от дороги, м	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + гербицид			N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + гербицид		
	Прибавка к контролю, т/га	Содержание энергии в прибавке урожая, МДж	Энергетический КПД	Прибавка к контролю, т/га	Содержание энергии в прибавке урожая, МДж	Энергетический КПД
Енисей						
50-60	0,58	13920	1,47	0,62	14880	0,79
40-50	0,59	14160	1,49	0,63	15120	0,81
30-40	0,60	14400	1,52	0,58	13920	0,74
20-30	0,60	14400	1,52	0,53	12720	0,68
0-20	0,60	14400	1,52	0,51	12240	0,65
Бузулук						
50-60	0,63	15120	1,59	0,57	13680	0,73
40-50	0,62	14880	1,57	0,57	13680	0,73
30-40	0,61	14640	1,54	0,53	12720	0,68
20-30	0,62	14880	1,57	0,51	12240	0,65
0-20	0,60	14400	1,52	0,49	11760	0,63
Альтаир						
50-60	0,61	14640	1,54	0,57	13680	0,73
40-50	0,61	14640	1,54	0,57	13680	0,73
30-40	0,61	14640	1,54	0,53	12720	0,68
20-30	0,59	14160	1,49	0,48	11520	0,61
0-20	0,60	14400	1,52	0,48	11520	0,61
Айтана						
50-60	0,60	14400	1,52	0,62	14880	0,79
40-50	0,59	14160	1,49	0,60	14400	0,77
30-40	0,60	14400	1,52	0,58	13920	0,74
20-30	0,60	14400	1,52	0,53	12720	0,68
0-20	0,59	14160	1,49	0,52	12480	0,66
Алисон РМ						
50-60	0,58	13920	1,47	0,62	14880	0,79
40-50	0,58	13920	1,47	0,62	14880	0,79
30-40	0,59	14160	1,49	0,57	13680	0,73
20-30	0,57	13680	1,44	0,53	12720	0,68
0-20	0,59	14160	1,49	0,52	12480	0,66

Таким образом, увеличение доз минеральных удобрений под подсолнечник до 120 кг/га д.в. как агрономически, так и энергетически нецелесообразно. Применение же N₆₀P₆₀K₆₀ под подсолнечник вполне энергетически оправдано.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате воздействия выбросов автотранспорта, в почве придорожных полос содержание валовых форм тяжелых металлов превышает фоновые показатели, но, в тоже время, находится в пределах допустимой концентрации. На контрольных вариантах опыта наблюдается относительно низкая концентрация тяжелых металлов, которая закономерно возрастает по мере увеличения доз вносимых удобрений. Наиболее высокое содержание Pb, Cd, Zn и Cu в почве отмечается в непосредственной близости от дороги (0-40 м) на вариантах с применением двойной дозы минеральных удобрений в сочетании с гербицидом, где их количество в 1,1-1,8 раза выше, в сравнении с контролем.

2. Изучение динамики содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве придорожных полос показало, что их концентрация возрастает по мере приближения к дороге и увеличения доз минеральных удобрений. Так, в почве опытных участков на расстоянии 0-20 м от дороги содержание данных элементов на различных вариантах варьирует в следующих пределах: свинца – 4,96-6,84; кадмия – 0,124-0,192; цинка – 4,92-7,12 и меди – 2,52-3,91 мг/кг. При удалении от дороги на 50-60 м их концентрации снижаются соответственно до 3,72-5,52; 0,086-0,159; 3,46-5,58; 1,91-3,08 мг/кг.

3. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве зависит от периода вегетации подсолнечника. Наиболее высокие их концентрации наблюдаются в фазу всходов после применения гербицида. После уборки подсолнечника количество подвижных форм тяжелых металлов в почве снижается в 1,1-1,3 раза, что обусловлено их выносом с урожаем, и соответствует допустимым нормам. При этом наиболее существенно уменьшается содержание цинка и меди, которые активно поглощаются во время формирования биомассы подсолнечника.

4. Полевая всхожесть семян подсолнечника определяется биологическими особенностями сортов и гибридов, а также уровнем минерального пи-

тания на фоне загрязнения почв выбросами автотранспорта. Ранние сорта (Енисей, Бузулук) и гибрид (Альтаир) подсолнечника отличались более высокой полевой всхожестью семян (78,2-100%), по сравнению с гибридами (Айтана, Алисон РМ) более позднего срока созревания (67,8-90,8%). Кроме того, наилучшие показатели всхожести отмечались на варианте с одинарной дозой NPK на расстоянии 0-30 м от дороги, что связано с повышенным содержанием дефицитных микроэлементов (Cu, Zn) в почве.

5. Показатели фотосинтетической деятельности подсолнечника находились в тесной зависимости от применяемых средств химизации. При внесении минеральных удобрений с гербицидом повышалась величина фотосинтетического потенциала сортов и гибридов, а также отмечалось наиболее интенсивное формирование листовой поверхности и сухой биомассы подсолнечника. Раннеспелые сорта и гибрид подсолнечника имели некоторые преимущества по показателям площади листовой поверхности (6,6-46,1 тыс. м²/га) и продуктивности сухой биомассы (3,34-8,91 т/га), по сравнению со среднеранними гибридами (6,0-44,8 тыс. м²/га; 3,22-8,78 т/га).

6. Анализ биометрических показателей и элементов структуры урожая показал, что на варианте с применением одинарной дозы минеральных удобрений в сочетании с гербицидом складывались оптимальные условия для роста и развития растений, и отмечались наиболее высокие значения диаметра и площади корзинки (17,3-18,4 см и 234,9-265,8 см²), количества и массы маслосемян в одной корзинке (865-969 шт. и 40,5-47,2 г), а также массы 1000 маслосемян (50,9-59,6 г). При внесении 2NPK наблюдалось уменьшение данных показателей, что, на наш взгляд, связано с более высокими концентрациями тяжелых металлов в почве. Наиболее низкие значения биометрических показателей были на контроле и варианте с применением только гербицида, что обусловлено недостаточным уровнем минерального питания растений.

7. Накопление тяжелых металлов в почве придорожных полос не оказало существенного отрицательного влияния на развитие ассимиляционного аппарата посевов подсолнечника, а также на биометрические показатели и

элементы структуры урожая, поскольку их содержание не превышает ПДК. Напротив, у изучаемых сортов и гибридов эти показатели, в основном, увеличивались, на примыкающих к дороге участках, что обусловлено лучшей обеспеченностью почвы дефицитными микроэлементами (Zn, Cu). Исключением являлся вариант с двойной дозой минеральных удобрений, на котором наблюдается обратная закономерность, что связано с более высокими концентрациями тяжелых металлов в почве данных участков.

8. Наиболее благоприятные условия минерального питания растений складывались на варианте с применением одинарной дозы удобрений в сочетании с гербицидом, где урожайность маслосемян у сортов и гибридов подсолнечника составляла 2,31-2,68 т/га, что на 16-19% выше, чем на контроле. Внесение повышенных доз минеральных удобрений (2NPK) на фоне гербицида было менее эффективно и не приводило к значительному увеличению урожайности.

9. Применение удобрений способствовало снижению масличности маслосемян (44,0-49,9%), по сравнению с контролем (45,6-50,5%). Однако на данных вариантах отмечался наибольший выход масла с единицы площади, особенно при внесении одинарной дозы NPK с гербицидом (1,06-1,34 т/га), за счет увеличения урожайности маслосемян подсолнечника.

10. На вариантах опыта урожайность и масличность маслосемян подсолнечника несколько увеличивались по мере приближения к дороге. Исключением являлся вариант с двойной дозой минеральных удобрений в комплексе с гербицидом, где эти показатели снижались на участках, примыкающих к дороге. В первом случае, тяжелые металлы являются микроэлементами и положительно влияют на растения подсолнечника, а во втором – относятся к токсикантам, вследствие повышенных концентраций в почве.

11. Биологические особенности сортов и гибридов подсолнечника определяют продуктивность семян. У раннеспелых сортов и гибрида урожайность маслосемян была выше (1,79-2,69 т/га), по сравнению со средне-ранними гибридами (1,73-2,42 т/га). Кроме того, маслосемена раннеспелых

сортов (Енисей, Бузулук) и гибрида (Альтаир) подсолнечника в меньшей степени накапливают тяжелые металлы, в частности кадмий, чем более поздние гибриды (Айтана, Алисон РМ), что обусловлено менее продолжительным периодом вегетации.

12. Увеличение доз минеральных удобрений под подсолнечник до 120 кг/га д.в. как агрономически, так и энергетически нецелесообразно. Применение $N_{60}P_{60}K_{60}$ под подсолнечник вполне энергетически оправдано.

Перспективы дальнейшей разработки темы диссертации имеют важное научно-практическое значение с целью использования придорожных полос автодорог IV категории для выращивания высокопродуктивных сортов и гибридов подсолнечника. Необходимы дальнейшие исследования для поиска эффективных агротехнических приемов, позволяющих выращивать сорта и гибриды подсолнечника в условиях повышенной техногенной нагрузки и получать экологически безопасную сельскохозяйственную продукцию.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. В условиях техногенного загрязнения целесообразно использовать раннеспелые сорта (Енисей, Бузулук) и гибрид (Альтаир) подсолнечника, которые, благодаря своим биологическим особенностям, более устойчивы к загрязнению почв тяжелыми металлами и способны обеспечить высокий урожай хорошего качества.

2. Для обеспечения высокой урожайности подсолнечника и получения качественной продукции необходимо вносить одинарную дозу минеральных удобрений ($N_{60}P_{60}K_{60}$) под основную обработку.

3. Для получения экологически безопасной сельскохозяйственной продукции целесообразно проводить агроэкологический мониторинг состояния придорожных агроценозов подсолнечника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адерихин П.Г. Почвы Воронежской области, их генезис, свойства и краткая агропроизводственная характеристика / П.Г. Адерихин. – Воронеж: Изд. ВГУ, 1963. – 265 с.
2. Адерихин П.Г. Содержание меди и цинка в органическом веществе некоторых почв ЦЧО / П.Г. Адерихин, М.Т. Копаева // Тезисы докладов IX Всесоюзной конференции по проблемам микроэлементов в биологии. – Кишинев: Штиинца, 1981. – С. 90-94.
3. Акимов Л.М. Материалы по оценке производительных сил муниципальных районов Воронежской области (агроклиматические, водные и рекреационно-туристские ресурсы) / Л.М. Акимов, В.Л. Бочаров, В.А. Дмитриева, Ю.А. Нестеров, и др. – Вестник ВГУ: Серия география и геоэкология. – 2014. – № 4. – С. 68-98.
4. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л., 1987. – 142 с.
5. Аристархов А.Н. Использование микроудобрений в условиях интенсивной химизации и принципы моделей для определения потребности в них / А.Н. Аристархов // Химия в сельском хозяйстве. – 1985. – № 8. – С. 15-22.
6. Бабенко Т.А. Злокачественный рост, металлы и хелатирующие агенты / Т.А. Бабенко // Биологическая роль микроэлементов. – М., 1983. – С. 170-172.
7. Бабкин В.В. Физиолого-биохимические аспекты действия тяжелых металлов на растения / В.В. Бабкин, А.А. Завалин // Химия в сельском хозяйстве. – 1995. – № 5. – С. 17-21.
8. Барановская Н.В. Закономерности накопления и распределения химических элементов в организмах природных и природно-антропогенных экосистем: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.08 / Н.В. Барановская. – Томск, 2011. – 47 с.

9. Башмаков Д.И. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений / Д.И. Башмаков, А.С. Лукаткин. – Саранск: Мордов. ун-т, 2009. – 236 с.
10. Безуглов В.Г. Минеральные удобрения и свойства почвы / В.Г. Безуглов, Г.Д. Гогмачадзе // АгроЭкоИнфо. – 2009. – №2. – С. 3.
11. Биология, селекция и возделывание подсолнечника / Тихонов О.И., Бочкарев Н.И., Дьяков А.Б. и др. – М.: Агропромиздат, 1991.
12. Битюцкий Н.П. Микроэлементы и растение: учебное пособие / Н.П. Битюцкий. – СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета, 1999. – 232 с.
13. Бондаренко Е.В. Дорожно-транспортная экология / Е.В. Бондаренко, Г.П. Дворников. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 113 с. – С. 6.
14. Брей С.М. Азотный обмен в растениях / С.М. Брей. – М.: Агропромиздат, 1986. – 200 с.
15. Буряков Ю.П. Агротехника возделывания подсолнечника / Ю.П. Буряков. – М.: Колос., 1973. – 124 с.
16. Васильев Д.С. Агротехника подсолнечника / Д.С. Васильев. – М.: Колос, 1983. – 197 с.
17. Васильев Д.С. Индустриальная технология возделывания подсолнечника в Краснодарском крае / Д.С. Васильев. – Краснодар, 1982. – 45 с.
18. Васильев Д.С. Подсолнечник / Д.С. Васильев. – М.: Агропромиздат, 1990. – 174 с.
19. Вернадский В.И. Очерки геохимии / В.И. Вернадский. – М.-Л.: Госиздат, 1927. – 368 с.
20. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А.П. Виноградов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 238 с.
21. Вишнева Ю.С. Влияние автотранспорта на содержание углеродородов нефтепродуктов в почвах селитебного ландшафта г. Архангельска / Ю.С. Вишнева, Л.Ф. Попова // Universum: Химия и биология: электрон. научн. журн. – 2016. – № 4 (22).

22. Воеводина Л.А. Магний для почвы и растений / Л.А. Воеводина, О.В. Воеводин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2015. – № 2(18). – С. 70-81.
23. Вострикова М.А. Характеристика основных выбросов автотранспорта и их влияние на растения / М.А. Вострикова, В.В. Шкода // Инновационная наука. – 2015. – № 11. – С. 65-66.
24. Глазовская М.А. Критерии классификации почв по опасности загрязнения свинцом / М.А. Глазовская // Почвоведение, 1994. – № 4. – С. 110-120.
25. Головкин Д.М. Влияние минерального питания на фотосинтез, рост, формирование и урожай растений / Д.М. Головкин // В кн.: Проблемы фотосинтеза. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 520 с.
26. Горбунова Н.С. Формы соединений марганца, меди, цинка, никеля, свинца и кадмия в черноземах Центрально-Черноземного региона: автореферат дис. канд. биол. наук: 03.00.27 / Н.С. Горбунова; Воронеж. гос. ун-т; науч. рук. Н.А. Протасова. – Воронеж, 2005. – 24 с.
27. ГОСТ 17.4.1.02-83 Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. - М.: Стандартинформ, 2005. - 4 с.
28. ГОСТ 17.4.3.01-83 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб. - М.: Стандартинформ, 2004. - 4 с.
29. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. - М.: Стандартинформ, 2018. - 4 с.
30. ГОСТ 26204-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. - М.: Издательство стандартов, 1992. - 8 с.
31. ГОСТ 26212-91 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. - М.: Издательство стандартов, 1992. - 7 с.

32. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества. - М.: Издательство стандартов, 1992. - 8 с.
33. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. - М.: Издательство стандартов, 1985. - 6 с.
34. ГОСТ 26931-86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения меди (с Изменением № 1). - М.: Издательство стандартов, 2002. - 14 с.
35. ГОСТ 26932-86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца (с Изменением № 1). - М.: Издательство стандартов, 2002. - 12 с.
36. ГОСТ 26933-86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия (с Изменением № 1). - М.: Издательство стандартов, 2002. - 11 с.
37. ГОСТ 26934-86 Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка (с Изменением № 1). - М.: Издательство стандартов, 2002. - 10 с.
38. ГОСТ 27821-88 Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. - М.: Издательство стандартов, 1988. - 7 с.
39. ГОСТ 28168-89 Почвы. Отбор проб. - М.: Стандартиформ, 2008. - 7 с.
40. ГОСТ 31640-2012 Межгосударственный стандарт. Корма. Методы определения содержания сухого вещества. - М.: Стандартиформ, 2020. - 12 с.
41. ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. - М.: Стандартиформ, 2006. - 7 с.
42. Государственный реестр селекционных достижений (ФГБУ «Госсорткомиссия») [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://reestr.gossortrf.ru>
43. Грибкова Н.Г. Повышение урожайности путем эффективного использования осадков / Н.Г. Грибкова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 95 с.
44. Григорьев Л.Н. Химия окружающей среды (атмосфера, литосфера): Учебное пособие. / Л.Н. Григорьев, Т.И. Буренина. – Ч. 1. – СПб. ГТУ РП. С.Пб., 2000. – 71 с.

45. Гринь А.В., Поступление тяжелых металлов (цинка, кадмия, свинца) в растения в зависимости от их содержания в почвах / А.В. Гринь, С.К. Ли, Н.Г. Зырин // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. – Л., 1980. – С. 198-202.

46. Гундаев А.И. Основные принципы селекции подсолнечника / А.И. Гундаев // Генетические основы селекции растений. – М.: Наука, 1971. – С. 417-465.

47. Дедов А.А. Плодородие чернозема типичного и урожайность культур в севообороте при различных способах обработки почвы и приемах биологизации в лесостепи ЦЧР: диссертация на соискание кандидата с.-х. наук / А.А. Дедов. – Воронеж, 2016. – 135 с.

48. Дедов А.В. Оценка севооборотов: учебное пособие / А.В. Дедов, Т.А. Трофимова, С.И. Коржов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – 102 с.

49. Демури́н Я.Н. Генетика липидов семян подсолнечника / Я.Н. Демури́н // Масличные культуры: Науч.-техн. бюл. ВНИИМК. – Краснодар, 2006. – С. 97-103.

50. Демьянцева Е.А. Механизм образования и негативное влияние выбросов, содержащих оксиды азота / Е.А. Демьянцева, Е.А. Шваб, Е.О. Реховская // Молодой ученый. – 2017. – №2. – С. 231-234.

51. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

52. Духанин Ю.А. Агрохимия, биология и экология песчаных и супесчаных дерново-подзолистых почв / Ю.А. Духанин. – М.: Росинформагротех, 2003. – 240 с.

53. Дьяков А.Б. Влияние условий внешней среды на генотипическую и экологическую изменчивость продуктивности подсолнечника / А.Б. Дьяков // Взаимодействие генотип – среда у растений и его роль в селекции: сб. науч. тр. – Краснодар, 1988. – С. 61-93.

54. Дьяков А.Б. Морфология и анатомия подсолнечника: монография / А.Б. Дьяков, Т.А. Перестова // Под ред. Пустовойта В.С. – М: Колос, 1975. – С. 21-29.
55. Ерошенко Ф.В. Оценка фотосинтетической продуктивности растений / Ф.В. Ерошенко, Н.В. Дуденко // Биологические науки/9. Биохимия и биофизика [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
http://www.rusnauka.com/20_TSN_2016/Biologia/9_214280.doc.htm
56. Жердев В.Н. Оценка качества рекреационных земель (на примере бассейна Верхнего Дона): монография / В.Н. Жердев, Т.В. Зязина, Е.А. Высоцкая. – Воронеж: Изд-во ВГПУ, 2006. – 221 с.
57. Залевская Ю.М. Влияние солей тяжелых металлов на всхожесть семян и длину проростков ячменя / Ю.М. Залевская // Теория и практика современной науки. – 2017. – № 1 (19). – С. 388-392.
58. Затулей К.С. Климатические ресурсы Воронежской области / К.С. Затулей // Географические аспекты охраны природы: сборник статей. – Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета, 1990. – С. 85-99.
59. Зорин М.С. Определение семенной продуктивности и качества семян интродуцентов / М.С. Зорин, С.П. Кабанова // Методики интродукционных исследований. – Казахстан: Алма-Ата, 1987. – С. 75-85.
60. Ильин В.Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / В.Б. Ильин, А.И. Сысо. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
61. Инвестиционный паспорт Верхнехавского муниципального района / Департамент экономического развития Воронежской области ОГБУ «Агентство по инвестициям и стратегическим проектам». – Воронеж, 2016. – 81 с.
62. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.

63. Казнина Н.М. Влияние возрастных различий на устойчивость растений ячменя к кадмию / Н.М. Казнина, А.Ф. Титов, Л.В. Топчиева и др. // Физиология растений. – 2012. – Т. 59. – № 1. – С. 74-79.

64. Казнина Н.М. Влияние кадмия на водный обмен растений ячменя / Н.М. Казнина, А.Ф. Титов, Г.Ф. Лайдинен, Ю.В. Батова // Тр. КарНЦ РАН. Сер. Экспериментальная биология. – 2011. – № 3. – С. 57-61.

65. Казнина Н.М. Влияние свинца и кадмия на рост, развитие и некоторые другие физиологические процессы однолетних злаков (ранние этапы онтогенеза): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Петрозаводск, 2003. – 23 с.

66. Какарека С.В. Анализ и оценка источников выбросов формальдегида в атмосферный воздух на территории Беларуси / С.В. Какарека, Ю.Г. Ашурко // Природопользование. – 2012. – Вып. 21. – С. 75-82.

67. Камышев Н.С. Растительный покров Воронежской области и его охрана / Н.С. Камышев, К.Ф. Хмелев. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1976. – 184 с.

68. Киреева Н.А. Рост и развитие растений яровой пшеницы на нефтезагрязненных почвах и при биоремедиации / Н.А. Киреева, А.М. Мифтахова, Г.М. Салахова // Агрехимия. – 2006. – № 1. – С. 85-90.

69. Ковальский В.В. Микроэлементы в почвах СССР / В.В. Ковальский, Г.А. Андрианова. – М.: Наука, 1970. – 180 с.

70. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1985. – 264 с.

71. Ковда В.А. Микроэлементы в почвах Советского Союза / В.А. Ковда, И.В. Якушевская, А.Н. Тюрюканов. – М.: Наука, 1959. – 67 с.

72. Коледа К.В. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: рекомендации / К.В. Коледа и др.; под общ. ред. К.В. Коледы, А.А. Дудука. – Гродно: ГГАУ, 2010. – 340 с.

73. Кошелев Ю.А. Влияние агрохимических средств на плодородие чернозема выщелоченного и состояние тяжелых металлов в почве и растении-

ях: автореф. дис. канд. с.-х. наук / Ю.А. Кошелев; Воронеж. гос. аграр. ун-т; науч. рук. Н.Г. Мязин. – Воронеж, 2009. – 27 с.

74. Курдов А.Г. Реки Воронежской области / А.Г. Курдов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1984. – 164 с.

75. Ладонин В.Ф. Влияние комплексного применения средств химизации на содержание тяжелых металлов в почве и растениях / В.Ф. Ладонин // Химия в сельском хозяйстве. – 1995. – № 4. – С. 32-35.

76. Леонидова Т.В. Содержание тяжелых металлов в придорожной зоне автомобильных трасс / Т.В. Леонидова, Н.К. Сидоренкова, Н.А. Блохина, И.Д. Харитонов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – №1. – С. 146-149.

77. Ломакин В.В. Безопасность автотранспортных средств / В.В. Ломакин, Ю.Ю. Покровский, И.С. Степанов, О.Г. Гоманчук; под. общ. ред. Ломакина В.В. – М.: МГТУ «МАМИ», 2011. – С. 256-257.

78. Луканин В.Н. Автотранспортные потоки и окружающая среда / В.Н. Луканин, А.П. Буслаев, Ю.В. Трофименко – М.: ИНФРА-М, 1998. – 408 с.

79. Маслова С.П. Реакция корневищного злака *Phalaroides arundinacea* на загрязнение почвы нефтью / С.П. Маслова, Г.Н. Табаленкова // Агрохимия. – 2010. – № 8. – С. 66-71.

80. Медведева Е.И. Динамика восстановления нефтезагрязненных почв в условиях Среднего Поволжья / Е.И. Медведева // XII Пушкинская школа – конференция молодых ученых «Биология – наука XXI века»: сборник тезисов. – Пушкино, 2003. – С. 97.

81. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства / А.В. Кузнецов, А.П.Фесюн, С.Г. Самохвалов, Э.П. Махонько. – М.: ЦИНАО, 1992. – 60 с.

82. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / В.Г. Сы-

чев, А.Н. Аристархов, И.В. Володарская [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://docs.cntd.ru/document/1200076297>

83. Михайлова А.А. Эколого-биологические особенности и подходы к нормированию загрязнения нефтепродуктами городской среды Архангельска. Том 1: дис. ... канд. биол. наук / А.А. Михайлова. – Архангельск, 2014. – 158 с. (С. 50).

84. Мишон В.М. Река Воронеж и ее бассейн / В.М. Мишон. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2000. – 296 с.

85. Морозов В.К. Подсолнечник в засушливой зоне / В.К. Морозов. – Саратов: Приволжское кн. изд-во, 1967. – 185 с.

86. Мотузова Г.В. Экологический мониторинг почв / Г.В. Мотузова, О.С. Безуглова. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – 237 с.

87. Мухина С.В. Агрехимические и экологические аспекты применения удобрений на черноземах юго-востока ЦЧЗ: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / С.В. Мухина. – Воронеж, 2007. – 36 с.

88. Назарюк В.М. Эколого-агрехимические и генетические проблемы регулируемых агроэкосистем / В.М. Назарюк. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 240 с.

89. Никитчин Д.И. Подсолнечник. Биохимия, селекция, возделывание / Д.И. Никитчин. – Пологи, Украина, 2002. – 116 с.

90. Ничипорович А.А. Световое и углеродное питание растений – фотосинтез / А.А. Ничипорович. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 287 с.

91. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович. – М.: Изд – во АН ССР, 1961. – С. 37-53.

92. Новикова Л.А. Оценка экологического состояния древесных растений по содержанию белковых аминокислот / Л.А. Новикова, Н.А. Ходосова, А.А. Гавердовский, Л.И. Бельчинская // Высокие технологии в экологии: сб. тр. 8-й междунар. науч.-практ. конф., 18-20 мая 2005 г. / Воронеж. отделение Российской экологической академии. – Воронеж, 2005. – С. 225-229.

93. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 10 с.
94. Пейве Я.В. Агрехимия и биохимия микроэлементов / Я.В. Пейве. – Избранные труды. – М.: Наука, 1980. – 430 с.
95. Перельман А.И. Геохимия ландшафта: учебное пособие / А.И. Перельман, Н.С. Касимов. М.: «Астрейя-2000», 1999. – 768 с.
96. Перельман А.И. Химический состав Земли / А.И. Перельман. – М.: «Знание», 1975. – 64 с.
97. Петрова Е.Е. Влияние автотранспорта на накопление цинка и свинца в почвах и их биологическое поглощение пшеницей мягкой (*Triticum aestivum*) в придорожных агроценозах (в условиях Алейского района Алтайского края) / Е.Е. Петрова, Е.В. Райхерт // Известия Алтайского государственного университета. – 2013. – №3-2 (79). – С. 42-46.
98. Полевой В.В. Физиология растений / В.В. Полевой. – М.: Высш. шк., 1989. – 464 с.
99. Полонский В.И. Причины разнонаправленного действия нефтезагрязненной почвы на прорастание семян / В.И. Полонский, Д.Е. Полонская // Биодиагностика в экологической оценке почв и сопредельных сред: тезисы докладов международной конференции. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. – С. 168.
100. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 15 с.
101. Прокофьев А.А. Транспирация плодов и соцветий в зависимости от метеорологических факторов и возрастного состояния растений / А.А. Прокофьев, К.М. Кац // Физиология растений. – 1963. – Вып. 2. – С. 204-210.
102. Протасова Н.А. Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Sr, Ba, B, I, Mo) в черноземах и серых лесных почвах Центрального

Черноземья / Н.А. Протасова, А.П. Щербаков. – Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2003. – 368 с.

103. Протасова Н.А. Соединения цинка, никеля, свинца и кадмия в обыкновенных черноземах Каменной Степи при длительном применении удобрений и фосфогипса / Н.А. Протасова, Н.С. Горбунова // Агрохимия. – 2010. – № 7. – С. 52-61.

104. Протасова Н.А. Тяжелые металлы в черноземах и культурных растениях Воронежской области / Н.А. Протасова // Агрохимия. 2005. – № 2 – С. 8086.

105. Пустовойт В.С. Избранные труды. Селекция, семеноводство и некоторые вопросы агротехники подсолнечника / В.С. Пустовойт. – М.: Колос, 1966. – 368 с.

106. Пустовойт В.С. Масличный подсолнечник. Краткий очерк основных моментов рациональной культуры, особенностей биологии и результатов селекции / В.С. Пустовойт. – М.: Государственное техническое издательство, 1928. – 37 с.

107. Пустовойт В.С. Подсолнечник: монография; под общ. ред. акад. В.С. Пустовойта. – М.: Колос, 1975. – 592 с.

108. Пустовойт В.С. Селекция и семеноводство подсолнечника / В.С. Пустовойт // В сб.: Успехи советской селекции. – М.: Знание, 1967. – С. 15-33.

109. Пшенин В.Н. Актуальные вопросы оценки загрязнения почвенного покрова вблизи автомагистралей / В.Н. Пшенин // Экологизация автомобильного транспорта: труды Всероссийского научно-практического семинара. – СПб., 2003. – С. 83-88.

110. Сергейчик С.А. Газопоглодительная способность растений и аккумуляция в них элементов промышленных загрязнений / С.А. Сергейчик. – Минск: Наука и техника, 1985. – С. 68-75.

111. Серегин И.В. Передвижение ионов кадмия и свинца по тканям корня / И.В. Серегин, Иванов В.Б. // Физиология растений. – 1998. – Т. 45. – С. 899-905.
112. Серегин И.В. Распределение тяжелых металлов в растениях и их действие на рост: Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / И.В. Серегин. – Москва, 2009. – 53 с.
113. Серегин И.В. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения / И.В. Серегин, В.Б. Иванов // Физиология растений. – 2001. – № 4. – Т. 48. – С. 606-630.
114. Серегин И.В. Является ли барьерная функция эндодермы единственной причиной устойчивости ветвления корней к солям тяжелых металлов / И.В. Серегин, Иванов В.Б. // Физиология растений. – 1997. – Т. 44. – С. 922-925.
115. Сливинская Р.Б. Нарушение водного баланса растений под действием тяжелых металлов / Р.Б. Сливинская // II съезд ВОФР. – М., 1992. – С. 195.
116. Столповский Ю.И. Микроэлементы и микроудобрения: учебное пособие / Ю.И. Столповский. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. – 171 с.
117. Сулейманов С.Р. Биологические препараты в технологии возделывания подсолнечника на маслосемена в условиях республики Татарстан: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / С.Р. Сулейманов. – Казань, 2015. – С. 16-17.
118. Сулейманов С.Р. Биологические препараты в технологии возделывания подсолнечника на маслосемена в условиях республики Татарстан: автореферат дис. канд. с.-х. наук: 06.01.04 / С.Р. Сулейманов. – Казань, 2015. – С. 6.
119. Схема территориального планирования Верхнехавского муниципального района Воронежской области. – Т. 2. – Воронеж: ООО Проект, 2009. – 150 с.

120. Титов А.Ф. Тяжелые металлы и растения / А.Ф. Титов, Н.М. Казнина, В.В. Таланова. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. – 194 с.
121. Титов А.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам / А.Ф. Титов, В.В. Таланова, Н.М. Казнина, Г.Ф. Лайдинен. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. – 170 с.
122. Титов А.Ф. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам: учебное пособие / А.Ф. Титов, В.В. Таланова, Н.М. Казнина. – Институт биологии КарНЦ РАН Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. – 77 с.
123. Ткалич И.Д. Цветок солнца (основы биологии и агротехники подсолнечника) / И.Д. Ткалич, Ю.И. Ткалич, С.Г. Рычик. – Днепропетровск, 2011. – 172 с.
124. Ткалич Ю.И. Особенности фотосинтетической деятельности гибридов подсолнечника в зависимости от биопрепаратов / Ю.И. Ткалич, М.П. Ниценко // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2014. – № 2 (34). – С. 124-130.
125. Тяжелые металлы в системе почва – растение – удобрение / под общей ред. М.М. Овчаренко. – М.: Пролетарский светоч, 1997. – 290 с.
126. Устойчивость растений к химическому загрязнению: учебное пособие / сост. Р.В. Кайгородов; Перм. гос. ун-т. – Пермь, 2010. – 151 с.
127. Физико-географическое районирование Центральных Черноземных областей / Н.И. Ахтырцева, З.П. Бердникова, Г.Е. Гришанков и др.; под ред. проф. Ф.Н. Милькова. – Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1961. – 263 с.
128. Ходосова Н.А. Снижение концентрации формальдегида алюмосиликатными сорбентами: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. химич. наук / Н.А. Ходосова. – Иваново, 2009. – 16 с.

129. Черных Н.А. Экоотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами / Н.А. Черных, Н.З. Милащенко, В.Ф. Ладонин. – М.: Агроконсалт, 1999. – 176 с.
130. Чумаченко И.Н. Фосфор в жизни растений и плодородие почв / И.Н. Чумаченко. – М: ЦИНАО, 2003. – 124 с.
131. Эколого-географический атлас-книга Воронежской области / Под ред. В.И. Федотова. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2013. – 514 с.
132. Яблоков А.В. Россия: здоровье природы и людей / А.В. Яблоков. – М.: Галерея-принт, 2007. – 224 с.
133. Яровые масличные культуры / Под общ. Ред. В.А. Щербакова. – Мн.: ФУАинформ, 1999. – 228 с.
134. Barceló J. Plant water relations as affected by heavy metal stress: A review / J. Barceló, C. Poschenrieder // J. Plant Nutr. – 1990. – V. 13. – P. 1-37.
135. Hall J.L., Transition metal transporters in plants [Электронный ресурс] / J.L. Hall, L.E. Williams // J. Exp. Bot. – 2003. – V. 54. – № 93. – P. 22601-2613 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
http://modern-j.ru/domains_data/files/19/Zalevskaya%201.pdf
136. Llamas A. Cd²⁺ + effect on transmembrane electrical potential difference, respiration and membrane permeability of rice (*Oryza sativa* L.) roots / A. Llamas, Ullrich C.I., Sanz A. // Plant Soil. – 2000. – V. 219. – P. 21-28.
137. Obroucheva N.V. Root growth inhibition by lead / O.V. Antipova, V.B. Ivanov, I.V. Seregin, E.I. Bystrova, M. Sobotik, Y. Bergmann // Int. Symp. on Structure and Function of Roots. – Slovakia, 1998. – P. 81.
138. Poschenrieder C. Water relation in heavy metals stressed plants / J. Barceló, C. Poschenrieder // Heavy metal stress in plants: from molecules to ecosystems / Eds. M. N. V. Prasad, J. Hagemeyer. Heidelberg: Springer-Verlag. – 1999. – P. 207-230.
139. Siedlecka A. Cd/Fe interaction in higher plants – its consequences for the photosynthetic apparatus / A. Siedlecka, Z. Krupa // Photosynthetica. – 1999. – V. 36. – N 3. – P. 321-331.

140. Spectrum Analytic, 2010. Magnesium Basics [Electronic resource]. – Mode of access: http://spectrumanalytic.com/support/library/ff/Mg_Basics.htm, 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://7universum.com/ru/nature/archive/item/3025>

141. Zenk M.H. Heavy metal detoxification in higher plants – a review // Gene. – 1996. – V. 179. – N 1. – P. 21-30.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Агропроизводственные группы почв Верхнехавского района

Агропроизводственная группа	Почвы	Общая площадь, га	Содержание гумуса, %	Мощность гумусового горизонта, см
<i>Первая</i>	Черноземы выщелоченные, слабовыщелоченные, типичные, мощные и среднемощные и в комплексе с черноземами оподзоленными, выщелоченными, слабовыщелоченными, лугово-черноземными глинистого, тяжелосуглинистого, среднесуглинистого и легкосуглинистого механического состава.	72587	4,98-8,60	64-83
<i>Третья</i>	Темно-серые, светло-серые лесные почвы и оподзоленные черноземы глинистого, среднесуглинистого и легкосуглинистого механического состава	267	2,02-5,38	45-72
<i>Пятая</i>	Слабо, средне и сильно смытые почвы и их комплексы, расположенные на пологих и покатых юго-западных склонах	3217 га	1,86-6,49	23-56
<i>Шестая</i>	Луговато-черноземные и лугово-черноземные почвы от глинистого до супесчаного механического состава	12685	1,86-5,36	28-57
<i>Седьмая</i>	Солонцеватые, солончаковые и в комплексе с солонцами почвы.	6157	1,88	26
<i>Восьмая</i>	Черноземные супеси и песчаные слабогумусированные почвы	460	0,77	59
<i>Девятая</i>	Пойменные зернистые, слоисто-зернистые и слоистые слабо-развитые почвы, глинистого, среднесуглинистого, легкосуглинистого и песчаного механического состава	2473	2,78	32
<i>Десятая</i>	Почвы с признаками заболоченности	706	2,78	50
<i>Одиннадцатая</i>	Солоди луговые глинистые	543	4,78	45
<i>Двенадцатая</i>	Почвы балочных склонов и дерново-намытые почвы днищ балок	3738	2,12	46
<i>Тринадцатая</i>	Лугово-болотные почвы, солоди и заболоченные	2105	2,68-3,78	32

Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах придорожных агроценозов подсолнечника (среднее за 2014-2017 гг.)

Концентрация тяжелых металлов, мг/кг																
Расстояние от дороги, м	Pb /ПДК 32 мг/кг				Cd/ОДК 2 мг/кг				Zn/ПДК 100 мг/кг				Cu/ПДК 55 мг/кг			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Участок автодороги «Большая Приваловка – Никольские Выселки»																
50 - 60	16,9	17,6	18,8	19,8	0,38	0,46	0,55	0,64	56,8	57,3	59,4	62,0	21,6	22,4	26,6	29,2
40 - 50	19,3	20,2	21,4	22,6	0,43	0,5	0,61	0,68	57,6	58,0	60,2	63,3	22,9	23,7	27,4	30,3
30 - 40	21,8	22,6	24,2	25,7	0,54	0,57	0,65	0,73	58,4	59,6	61,8	65,1	24,3	26,8	29,9	31,9
20 - 30	22,5	23,2	25,1	26,6	0,61	0,68	0,74	0,82	61,0	62,2	64,7	67,4	27,4	28,7	32,2	34,5
0 - 20	23,8	24,3	26,4	28,2	0,66	0,72	0,79	0,86	62,6	63,5	65,8	69,2	28,2	30,4	33,8	36,0
Участок автодороги «Большая Приваловка – Малая Приваловка»																
50 - 60	17,6	18,8	20,6	21,9	0,44	0,52	0,61	0,68	57,1	57,9	60,1	63,6	22,7	23,1	27,3	30,8
40 - 50	20,2	21,1	23,5	24,6	0,47	0,55	0,68	0,73	58,3	59,8	62,0	65,2	23,6	24,5	28,6	31,2
30 - 40	22,9	23,5	26,4	28,3	0,61	0,64	0,75	0,81	61,5	62,7	64,8	67,1	25,9	27,4	30,8	32,7
20 - 30	23,7	24,4	27,8	29,1	0,68	0,73	0,79	0,87	64,2	65,6	67,9	70,2	28,5	30,1	33,5	35,1
0 - 20	25,1	26,2	28,7	31,3	0,71	0,76	0,83	0,92	65,4	66,8	68,6	71,5	29,4	31,3	34,6	36,9
Участок автодороги «Парижская Коммуна - Малая Приваловка»																
50 - 60	18,8	19,2	21,9	23,7	0,49	0,58	0,66	0,71	58,2	59,1	62,5	65,8	23,2	24,4	28,2	31,7
40 - 50	21,4	21,9	25,4	27,0	0,54	0,64	0,73	0,79	60,4	61,2	64,6	67,9	24,8	25,9	29,4	32,5
30 - 40	24,2	24,7	28,3	30,5	0,67	0,69	0,8	0,87	62,3	63,7	65,8	70,3	26,7	28,1	31,9	33,8
20 - 30	25,1	25,7	29,4	31,7	0,72	0,76	0,86	0,94	65,4	66,3	69,1	72,4	29,1	30,6	34,0	36,0
0 - 20	26,5	27,2	31,2	33,6	0,76	0,81	0,89	0,98	66,5	67,2	70,8	73,3	30,3	31,8	35,2	37,4
Участок автодороги «Верхняя Хава – пересечение с грунтовой дорогой»																
50 - 60	16,2	17,1	18,4	19,2	0,34	0,42	0,5	0,58	55,9	56,4	58,2	61,2	21,3	22,0	26,3	28,7
40 - 50	18,7	19,9	20,7	22,1	0,40	0,46	0,56	0,65	56,8	57,1	59,3	62,4	22,4	23,2	27,0	29,6
30 - 40	21,0	22,2	23,8	25,0	0,49	0,54	0,64	0,69	57,4	58,7	60,8	64,3	23,9	25,9	29,4	31,2
20 - 30	21,9	22,8	24,7	26,2	0,58	0,63	0,71	0,79	59,8	61,9	63,9	66,5	26,8	28,1	31,8	34,2
0 - 20	23,3	23,9	25,9	27,6	0,62	0,68	0,74	0,83	61,2	62,6	64,7	68,0	27,6	29,9	33,6	35,4
Участок автодороги «Малая Приваловка – пересечение с грунтовой дорогой»																
50 - 60	15,9	16,6	18,1	18,8	0,32	0,39	0,48	0,56	55,4	56,2	57,4	61,0	21,1	21,8	26,2	28,4
40 - 50	18,6	19,3	20,2	21,7	0,37	0,42	0,55	0,61	56,6	57,8	58,9	61,8	22,0	22,7	26,8	29,0
30 - 40	21,1	22,0	23,6	24,6	0,45	0,49	0,63	0,66	57,0	58,5	60,2	64,0	23,3	25,3	28,7	30,8
20 - 30	21,3	22,4	24,3	25,9	0,56	0,6	0,67	0,76	59,3	61,4	63,5	65,9	26,5	27,9	31,2	34,0
0 - 20	22,8	23,6	25,4	27,0	0,61	0,66	0,73	0,81	60,8	62,3	64,2	67,6	27,2	29,4	33,4	35,1

**Динамика распределения подвижных форм тяжелых металлов в почвах придорожных агроценозов подсолнечника после схода снега
(среднее за 2014-2017 гг.)**

Концентрация тяжелых металлов, мг/кг																
Расстояние от дороги, м	Pb /ПДК 6 мг/кг				Cd/ОДК 0,2 мг/кг				Zn/ПДК 23 мг/кг				Cu/ПДК 3 мг/кг			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Участок автодороги «Большая Приваловка – Никольские Выселки»																
50 - 60	3,91	4,07	4,16	4,27	0,101	0,103	0,106	0,11	3,97	3,99	4,16	4,32	2,14	2,22	2,42	2,53
40 - 50	4,02	4,16	4,23	4,34	0,104	0,107	0,109	0,114	3,99	4,0	4,16	4,33	2,15	2,3	2,52	2,61
30 - 40	4,2	4,32	4,42	4,54	0,115	0,121	0,128	0,134	4,23	4,28	4,45	4,66	2,48	2,6	2,73	2,82
20 - 30	4,6	4,8	4,9	5,04	0,132	0,138	0,143	0,149	5,26	5,45	5,7	5,78	2,69	2,75	2,86	2,98
0 - 20	5,1	5,29	5,42	5,57	0,138	0,141	0,148	0,153	5,48	5,66	5,77	5,89	2,74	2,79	2,92	3,02
Участок автодороги «Большая Приваловка – Малая Приваловка»																
50 - 60	4,08	4,26	4,35	4,45	0,116	0,119	0,124	0,128	4,08	4,09	4,25	4,42	2,2	2,27	2,48	2,59
40 - 50	4,19	4,32	4,4	4,51	0,12	0,123	0,127	0,132	4,11	4,12	4,29	4,45	2,21	2,28	2,5	2,6
30 - 40	4,61	4,74	4,85	5,0	0,129	0,136	0,144	0,15	4,36	4,42	4,59	4,82	2,52	2,64	2,77	2,86
20 - 30	4,76	4,98	5,07	5,21	0,137	0,143	0,148	0,155	5,32	5,51	5,76	5,8	2,73	2,79	2,9	3,03
0 - 20	5,17	5,36	5,48	5,64	0,146	0,15	0,157	0,163	5,53	5,72	5,83	5,95	2,78	2,83	2,97	3,06
Участок автодороги «Парижская Коммуна - Малая Приваловка»																
50 - 60	4,18	4,37	4,46	4,58	0,13	0,133	0,138	0,143	4,12	4,14	4,31	4,48	2,23	2,31	2,52	2,63
40 - 50	4,3	4,45	4,53	4,65	0,134	0,138	0,142	0,148	4,16	4,16	4,33	4,49	2,28	2,34	2,56	2,66
30 - 40	4,8	4,94	5,05	5,2	0,14	0,146	0,154	0,161	4,48	4,54	4,72	4,95	2,57	2,69	2,82	2,91
20 - 30	5,0	5,24	5,35	5,5	0,152	0,159	0,165	0,172	5,44	5,63	5,89	5,96	2,82	2,88	2,99	3,12
0 - 20	5,3	5,56	5,69	5,86	0,158	0,162	0,170	0,176	5,7	5,89	6,01	6,13	2,89	2,94	3,08	3,18
Участок автодороги «Верхняя Хава – пересечение с грунтовой дорогой»																
50 - 60	3,83	3,99	4,07	4,17	0,096	0,098	0,102	0,106	3,91	3,93	4,09	4,24	2,13	2,19	2,38	2,48
40 - 50	3,98	4,11	4,14	4,25	0,102	0,105	0,108	0,113	3,92	3,93	4,1	4,25	2,13	2,21	2,42	2,51
30 - 40	4,16	4,27	4,36	4,48	0,112	0,118	0,125	0,13	4,18	4,23	4,4	4,62	2,39	2,5	2,62	2,7
20 - 30	4,52	4,7	4,8	4,94	0,129	0,135	0,14	0,146	5,16	5,34	5,59	5,66	2,62	2,67	2,77	2,89
0 - 20	5,07	5,26	5,39	5,54	0,133	0,136	0,143	0,148	5,37	5,55	5,68	5,8	2,68	2,73	2,86	2,95
Участок автодороги «Малая Приваловка – пересечение с грунтовой дорогой»																
50 - 60	3,78	3,95	4,04	4,12	0,092	0,094	0,098	0,101	3,85	3,87	4,03	4,16	2,09	2,16	2,35	2,45
40 - 50	3,94	4,07	4,13	4,24	0,093	0,096	0,099	0,103	3,86	3,86	4,01	4,18	2,1	2,17	2,37	2,46
30 - 40	4,12	4,24	4,33	4,46	0,108	0,114	0,12	0,126	4,12	4,17	4,34	4,54	2,34	2,45	2,56	2,64
20 - 30	4,48	4,69	4,78	4,91	0,124	0,13	0,135	0,141	5,14	5,31	5,56	5,63	2,59	2,65	2,75	2,87
0 - 20	5,0	5,19	5,31	5,46	0,129	0,132	0,139	0,144	5,29	5,48	5,61	5,72	2,64	2,69	2,82	2,91

Динамика распределения подвижных форм тяжелых металлов в почвах придорожных агроценозов подсолнечника в фазу всходов (среднее за 2014-2017 гг.)

Концентрация тяжелых металлов, мг/кг																
Расстояние от дороги, м	Pb /ПДК 6 мг/кг				Cd/ОДК 0,2 мг/кг				Zn/ПДК 23 мг/кг				Cu/ПДК 3 мг/кг			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Участок автодороги «Большая Приваловка – Никольские Выселки»																
50 - 60	4,26	4,52	4,89	5,18	0,115	0,119	0,125	0,128	4,46	4,58	4,69	5,38	2,38	2,44	2,64	2,78
40 - 50	4,32	4,63	4,94	5,29	0,118	0,123	0,129	0,135	4,49	4,66	4,86	5,53	2,41	2,53	2,75	2,88
30 - 40	4,81	5,08	5,48	5,87	0,126	0,131	0,134	0,141	4,78	4,95	5,06	5,7	2,66	2,8	2,94	3,03
20 - 30	5,24	5,67	5,97	6,38	0,137	0,139	0,15	0,157	5,79	5,93	6,35	6,77	3,12	3,27	3,43	3,56
0 - 20	5,48	5,79	6,16	6,51	0,142	0,145	0,155	0,162	6,09	6,2	6,58	7,01	3,19	3,31	3,5	3,64
Участок автодороги «Большая Приваловка – Малая Приваловка»																
50 - 60	4,39	4,65	4,98	5,26	0,124	0,127	0,135	0,139	4,54	4,67	4,78	5,49	2,49	2,56	2,77	2,91
40 - 50	4,46	4,72	5,06	5,38	0,128	0,134	0,142	0,147	4,58	4,76	4,97	5,65	2,51	2,63	2,82	2,96
30 - 40	4,92	5,19	5,59	5,96	0,136	0,141	0,145	0,152	4,82	5,04	5,15	5,8	2,77	2,91	3,06	3,16
20 - 30	5,37	5,84	6,12	6,44	0,151	0,153	0,165	0,173	5,86	6,01	6,44	6,87	3,26	3,42	3,58	3,72
0 - 20	5,66	5,92	6,24	6,63	0,157	0,160	0,171	0,178	6,12	6,23	6,62	7,06	3,32	3,45	3,62	3,76
Участок автодороги «Парижская Коммуна - Малая Приваловка»																
50 - 60	4,56	4,82	5,19	5,52	0,142	0,146	0,154	0,159	4,62	4,75	4,86	5,58	2,64	2,71	2,93	3,08
40 - 50	4,64	4,93	5,26	5,63	0,141	0,148	0,156	0,162	4,64	4,82	5,03	5,72	2,62	2,75	2,97	3,11
30 - 40	5,12	5,39	5,78	6,18	0,153	0,159	0,163	0,171	4,93	5,11	5,22	5,88	2,93	3,08	3,24	3,35
20 - 30	5,54	5,93	6,34	6,72	0,164	0,166	0,179	0,187	5,94	6,08	6,51	6,94	3,36	3,52	3,69	3,83
0 - 20	5,8	6,1	6,48	6,84	0,169	0,172	0,184	0,192	6,18	6,29	6,68	7,12	3,44	3,57	3,76	3,91
Участок автодороги «Верхняя Хава – пересечение с грунтовой дорогой»																
50 - 60	4,21	4,46	4,83	5,06	0,11	0,113	0,118	0,122	4,42	4,55	4,66	5,35	2,3	2,36	2,55	2,68
40 - 50	4,26	4,52	4,89	5,18	0,114	0,119	0,125	0,129	4,43	4,6	4,8	5,46	2,32	2,44	2,64	2,76
30 - 40	4,77	4,96	5,36	5,74	0,123	0,128	0,131	0,137	4,71	4,88	4,99	5,62	2,61	2,74	2,88	2,98
20 - 30	5,19	5,54	5,85	6,27	0,131	0,133	0,143	0,152	5,73	5,87	6,29	6,71	3,06	3,21	3,36	3,49
0 - 20	5,42	5,69	6,02	6,46	0,138	0,14	0,15	0,157	6,04	6,15	6,53	6,96	3,11	3,23	3,38	3,52
Участок автодороги «Малая Приваловка – пересечение с грунтовой дорогой»																
50 - 60	4,18	4,39	4,79	5,0	0,106	0,109	0,115	0,119	4,39	4,51	4,61	5,29	2,28	2,34	2,53	2,66
40 - 50	4,22	4,48	4,84	5,09	0,109	0,114	0,12	0,125	4,4	4,57	4,77	5,42	2,28	2,39	2,58	2,7
30 - 40	4,71	4,89	5,32	5,68	0,118	0,123	0,126	0,132	4,67	4,84	4,94	5,56	2,56	2,69	2,83	2,93
20 - 30	5,14	5,52	5,81	6,22	0,129	0,131	0,141	0,148	5,68	5,81	6,22	6,63	2,99	3,13	3,28	3,4
0 - 20	5,36	5,63	5,97	6,40	0,134	0,136	0,145	0,151	5,96	6,07	6,45	6,88	3,07	3,19	3,35	3,48

**Динамика распределения подвижных форм тяжелых металлов в почвах придорожных агроценозов подсолнечника
после уборки урожая (среднее за 2014-2017 гг.)**

Концентрация тяжелых металлов, мг/кг																
Расстояние от дороги, м	Pb /ПДК 6 мг/кг				Cd/ОДК 0,2 мг/кг				Zn/ПДК 23 мг/кг				Cu/ПДК 3 мг/кг			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Участок автодороги «Большая Приваловка – Никольские Выселки»																
50 - 60	3,88	4,06	4,14	4,24	0,097	0,099	0,102	0,107	3,53	3,55	3,74	3,87	1,98	2,07	2,15	2,22
40 - 50	4,0	4,13	4,19	4,3	0,101	0,106	0,11	0,114	3,58	3,61	3,8	3,95	2,01	2,08	2,14	2,23
30 - 40	4,16	4,26	4,37	4,49	0,113	0,115	0,122	0,127	3,89	3,92	4,11	4,37	2,27	2,42	2,48	2,62
20 - 30	4,55	4,6	4,71	4,81	0,126	0,131	0,135	0,141	4,88	5,05	5,28	5,34	2,52	2,53	2,59	2,81
0 - 20	5,08	5,3	5,41	5,57	0,132	0,136	0,144	0,147	5,06	5,2	5,41	5,54	2,59	2,64	2,75	2,89
Участок автодороги «Большая Приваловка – Малая Приваловка»																
50 - 60	4,04	4,23	4,31	4,42	0,112	0,115	0,119	0,124	3,64	3,66	3,86	4,0	2,01	2,05	2,13	2,21
40 - 50	4,15	4,29	4,36	4,48	0,116	0,121	0,126	0,131	3,70	3,73	3,93	4,09	2,04	2,11	2,17	2,26
30 - 40	4,58	4,69	4,82	4,96	0,124	0,127	0,134	0,141	3,95	3,98	4,17	4,43	2,3	2,42	2,47	2,62
20 - 30	4,72	4,78	4,89	4,99	0,132	0,139	0,144	0,15	4,94	5,12	5,36	5,42	2,56	2,57	2,63	2,86
0 - 20	5,12	5,34	5,46	5,62	0,142	0,147	0,155	0,159	5,16	5,31	5,52	5,66	2,62	2,67	2,78	2,93
Участок автодороги «Парижская Коммуна - Малая Приваловка»																
50 - 60	4,14	4,33	4,41	4,52	0,127	0,13	0,135	0,141	3,71	3,73	3,93	4,07	2,04	2,08	2,16	2,24
40 - 50	4,28	4,42	4,49	4,61	0,128	0,134	0,139	0,144	3,72	3,75	3,95	4,11	2,06	2,13	2,19	2,28
30 - 40	4,76	4,87	5,0	5,14	0,139	0,142	0,15	0,156	4,08	4,11	4,31	4,58	2,34	2,46	2,52	2,67
20 - 30	5,13	5,19	5,31	5,42	0,150	0,156	0,161	0,168	5,04	5,22	5,46	5,52	2,61	2,62	2,69	2,92
0 - 20	5,29	5,52	5,64	5,81	0,154	0,159	0,168	0,172	5,28	5,43	5,64	5,78	2,65	2,7	2,81	2,96
Участок автодороги «Верхняя Хава – пересечение с грунтовой дорогой»																
50 - 60	3,79	3,96	4,03	4,13	0,091	0,093	0,097	0,101	3,5	3,53	3,72	3,85	1,94	1,98	2,06	2,14
40 - 50	3,93	4,06	4,12	4,23	0,098	0,103	0,107	0,111	3,52	3,55	3,74	3,89	1,95	2,01	2,07	2,16
30 - 40	4,1	4,2	4,31	4,44	0,109	0,111	0,117	0,121	3,76	3,79	3,98	4,23	2,24	2,36	2,42	2,56
20 - 30	4,48	4,53	4,64	4,74	0,126	0,13	0,134	0,14	4,78	4,95	5,18	5,24	2,48	2,49	2,55	2,77
0 - 20	5,01	5,23	5,34	5,5	0,13	0,134	0,142	0,145	4,99	5,13	5,33	5,46	2,56	2,6	2,71	2,86
Участок автодороги «Малая Приваловка – пересечение с грунтовой дорогой»																
50 - 60	3,72	3,89	3,96	4,08	0,086	0,088	0,091	0,095	3,46	3,49	3,68	3,81	1,91	1,95	2,02	2,09
40 - 50	3,9	4,03	4,09	4,2	0,089	0,093	0,097	0,1	3,48	3,51	3,71	3,86	2,08	2,15	2,21	2,3
30 - 40	4,06	4,15	4,26	4,38	0,103	0,105	0,111	0,115	3,71	3,75	3,93	4,18	2,24	2,35	2,41	2,55
20 - 30	4,41	4,46	4,56	4,65	0,119	0,124	0,127	0,133	4,74	4,91	5,14	5,2	2,46	2,47	2,53	2,75
0 - 20	4,96	5,18	5,29	5,45	0,124	0,128	0,135	0,138	4,92	5,06	5,26	5,39	2,52	2,57	2,67	2,81

**Фотосинтетический потенциал посевов подсолнечника, тыс. м² · сутки/га
(среднее за 2014-2017 гг.)**

Расстояние от дороги, м	Контроль				Гербицид				Удобрения (1NPK) + гербицид				Удобрения (2NPK) + гербицид			
	Всходы - бутонизация	Бутонизация - цветение	Цветение - созревание	Всего за период вегетации	Всходы - бутонизация	Бутонизация - цветение	Цветение - созревание	Всего за период вегетации	Всходы - бутонизация	Бутонизация - цветение	Цветение - созревание	Всего за период вегетации	Всходы - бутонизация	Бутонизация - цветение	Цветение - созревание	Всего за период вегетации
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Енисей																
50-60	548,8	868,3	1082,9	2500,4	550,9	903,0	1122,4	2576,3	650,5	1018,2	1254,3	2923,0	636,5	949,7	1202,5	2788,7
40-50	548,9	868,1	1082,9	2500,0	551,0	903,1	1122,5	2576,6	651,7	1019,3	1255,5	2926,5	642,9	954,2	1205,7	2802,8
30-40	549,0	868,2	1083,2	2500,7	551,2	903,2	1122,5	2576,9	652,9	1020,4	1256,3	2929,6	632,1	945,4	1199,8	2777,3
20-30	549,2	868,0	1082,8	2499,7	551,4	903,4	1122,7	2577,5	654,1	1021,5	1257,5	2933,1	639,6	952,3	1204,1	2796,0
0-20	549,3	868,0	1082,7	2499,5	551,4	903,6	1122,8	2577,8	655,3	1022,6	1258,4	2936,3	633,2	947,5	1200,4	2781,1
Бузулук																
50-60	549,6	868,5	1083,5	2501,6	551,6	903,6	1122,8	2578,0	651,6	1018,9	1254,6	2925,1	633,4	945,9	1200,0	2779,3
40-50	549,7	868,6	1083,6	2501,9	551,7	903,6	1122,8	2578,1	652,5	1020,4	1255,6	2928,5	636,5	948,4	1201,6	2786,5
30-40	549,8	868,8	1083,7	2502,3	551,9	903,8	1123,1	2578,8	654,0	1021,5	1256,7	2932,2	646,1	955,2	1206,4	2807,7
20-30	549,9	868,8	1083,9	2502,6	552,3	904,1	1123,4	2579,8	655,1	1022,6	1257,6	2935,3	642,9	952,9	1204,8	2800,6
0-20	549,9	868,9	1083,8	2502,6	552,4	904,4	1123,7	2580,5	656,3	1023,7	1258,8	2938,8	639,8	950,6	1203,2	2793,6
Альтаир																
50-60	549,3	868,2	1083,2	2500,7	551,4	903,3	1122,6	2577,3	651,2	1018,7	1253,9	2923,8	633,0	945,8	1199,6	2778,4
40-50	549,4	868,3	1083,2	2500,9	551,3	903,4	1122,7	2577,4	652,4	1019,8	1254,9	2927,1	636,2	948,1	1201,2	2785,5
30-40	549,4	868,4	1083,4	2501,2	551,5	903,5	1122,7	2577,7	653,6	1020,9	1256,0	2930,5	645,8	955,0	1206,0	2806,8
20-30	549,6	868,4	1083,5	2501,5	551,5	903,6	1122,8	2577,9	654,8	1022,0	1257,1	2933,9	642,6	952,7	1204,4	2799,7
0-20	549,7	868,5	1083,6	2501,8	551,6	903,5	1122,8	2577,9	656,0	1023,1	1258,1	2937,2	639,4	950,4	1202,8	2792,6
Айтана																
50-60	548,6	867,6	1082,4	2498,6	550,2	902,9	1122,2	2575,3	650,1	1017,8	1254,0	2921,9	630,6	945,0	1196,8	2772,4
40-50	548,6	867,6	1082,5	2498,7	550,3	903,0	1122,3	2575,6	651,2	1018,9	1254,8	2924,9	635,7	949,3	1200,0	2785,0
30-40	548,8	867,8	1082,6	2499,2	550,5	903,1	1122,4	2576,0	652,2	1020,1	1255,9	2928,2	642,1	953,5	1203,2	2798,8
20-30	549,0	868,0	1082,8	2499,8	550,8	903,2	1122,6	2576,6	653,7	1021,0	1257,1	2931,8	638,9	951,6	1201,6	2792,1
0-20	549,1	868,2	1082,8	2500,1	550,8	903,2	1122,6	2576,6	654,8	1022,1	1258,3	2935,2	632,5	947,2	1198,4	2778,1

продолжение приложения Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Алисон РМ																
50-60	547,4	866,7	1081,6	2495,7	549,6	902,3	1121,5	2573,4	649,3	1017,4	1253,3	2920,0	629,3	944,9	1196,4	2770,6
40-50	547,6	866,8	1081,9	2496,3	549,7	902,5	1121,8	2574,0	650,8	1018,5	1253,8	2923,1	632,2	947,0	1197,8	2777,0
30-40	547,9	867,2	1082,0	2497,1	550,2	902,8	1122,1	2575,1	652,0	1019,3	1255,2	2926,5	641,7	953,1	1202,8	2797,6
20-30	548,8	867,8	1082,3	2498,9	550,4	902,8	1122,4	2575,6	653,2	1020,8	1256,7	2930,7	638,4	950,7	1201,2	2790,3
0-20	548,9	868,0	1082,4	2499,3	550,7	903,0	1122,5	2576,2	654,3	1021,5	1257,9	2933,7	635,1	948,8	1199,5	2783,4

Урожайность маслосемян подсолнечника за 2014 г., т/га

Фактор А (расстояние от дороги)	Фактор В (сорт)																			
	Енисей				Бузулук				Альтаир				Айтана				Алисон РМ			
	Фактор С (средства химизации)																			
	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид
50-60	1,29	1,58	1,83	1,89	1,57	1,76	2,17	2,10	1,41	1,65	2,03	1,95	1,28	1,52	1,89	1,88	1,25	1,47	1,87	1,86
40-50	1,30	1,57	1,84	1,90	1,58	1,75	2,17	2,11	1,41	1,66	2,02	1,95	1,28	1,51	1,88	1,86	1,26	1,46	1,87	1,87
30-40	1,33	1,59	1,87	1,88	1,59	1,76	2,18	2,09	1,43	1,69	2,04	1,94	1,29	1,54	1,91	1,85	1,27	1,49	1,89	1,84
20-30	1,36	1,62	1,90	1,85	1,60	1,78	2,21	2,10	1,45	1,69	2,04	1,92	1,31	1,57	1,93	1,83	1,29	1,50	1,88	1,82
0-20	1,38	1,63	1,92	1,86	1,62	1,78	2,19	2,08	1,44	1,70	2,05	1,92	1,32	1,56	1,92	1,82	1,29	1,52	1,89	1,81
НСР ₀₅ =0,14 НСР _А =0,03 НСР _В =0,03 НСР _С =0,026	Влияние фактора: А не значимо В значимо С значимо																			

Урожайность маслосемян подсолнечника за 2015 г., т/га

Фактор А (расстояние от дороги)	Фактор В (сорт)																			
	Енисей				Бузулук				Альтаир				Айтана				Алисон РМ			
	Фактор С (средства химизации)																			
	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид
50-60	2,21	2,45	2,79	2,82	2,40	2,65	3,02	2,96	2,31	2,52	2,91	2,87	2,14	2,34	2,74	2,77	2,10	2,34	2,66	2,72
40-50	2,21	2,46	2,79	2,82	2,41	2,66	3,03	2,97	2,30	2,53	2,91	2,88	2,15	2,36	2,73	2,76	2,11	2,33	2,67	2,74
30-40	2,23	2,48	2,83	2,79	2,44	2,67	3,05	2,95	2,32	2,55	2,93	2,86	2,17	2,40	2,77	2,76	2,14	2,37	2,70	2,71
20-30	2,25	2,51	2,86	2,78	2,46	2,70	3,07	2,95	2,34	2,56	2,94	2,84	2,20	2,45	2,80	2,74	2,15	2,38	2,71	2,69
0-20	2,26	2,52	2,87	2,77	2,47	2,71	3,04	2,94	2,36	2,57	2,96	2,83	2,20	2,43	2,79	2,73	2,16	2,41	2,74	2,69
НСР ₀₅ =0,12 НСР _А =0,02 НСР _В =0,02 НСР _С =0,019	Влияние фактора: А значимо В значимо С значимо																			

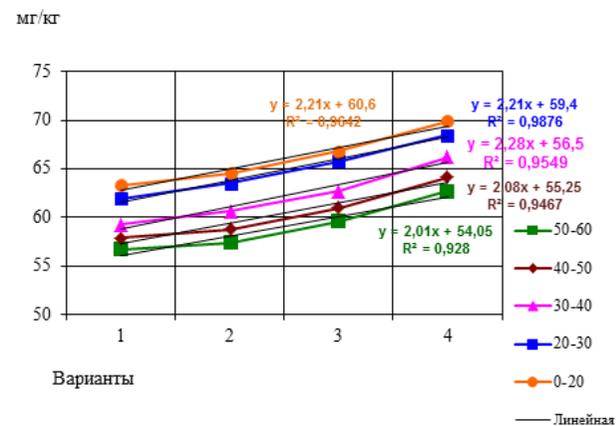
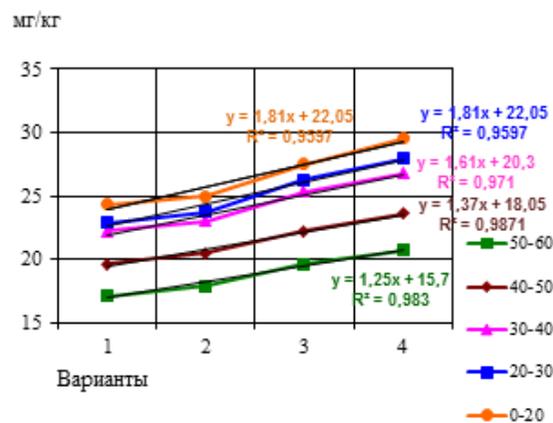
Урожайность маслосемян подсолнечника за 2016 г., т/га

Фактор А (расстояние от дороги)	Фактор В (сорт)																			
	Енисей				Бузулук				Альтаир				Айтана				Алисон РМ			
	Фактор С (средства химизации)																			
	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид
50-60	2,11	2,40	2,72	2,74	2,33	2,60	2,96	2,91	2,25	2,46	2,85	2,83	2,08	2,29	2,69	2,72	2,04	2,28	2,60	2,67
40-50	2,10	2,42	2,73	2,75	2,34	2,61	2,95	2,91	2,24	2,48	2,86	2,83	2,09	2,30	2,68	2,71	2,06	2,26	2,61	2,68
30-40	2,14	2,43	2,78	2,73	2,37	2,63	2,96	2,90	2,27	2,49	2,87	2,80	2,13	2,35	2,71	2,70	2,08	2,31	2,65	2,65
20-30	2,17	2,46	2,81	2,71	2,39	2,64	2,99	2,89	2,30	2,49	2,88	2,77	2,15	2,39	2,75	2,69	2,10	2,33	2,66	2,63
0-20	2,18	2,46	2,81	2,69	2,39	2,65	2,97	2,89	2,31	2,51	2,89	2,78	2,14	2,38	2,74	2,67	2,09	2,36	2,68	2,62
НСР ₀₅ =0,13 НСР _А =0,03 НСР _В =0,03 НСР _С =0,026	Влияние фактора: А значимо В значимо С значимо																			

Урожайность маслосемян подсолнечника за 2017 г., т/га

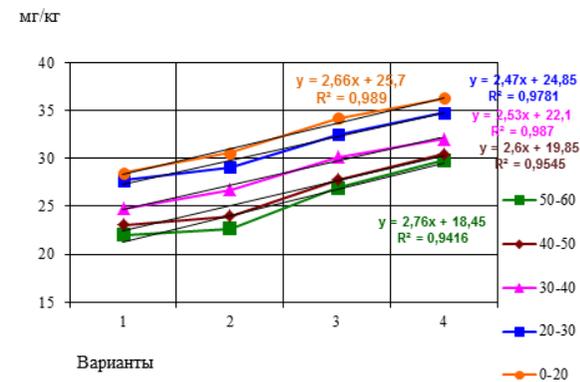
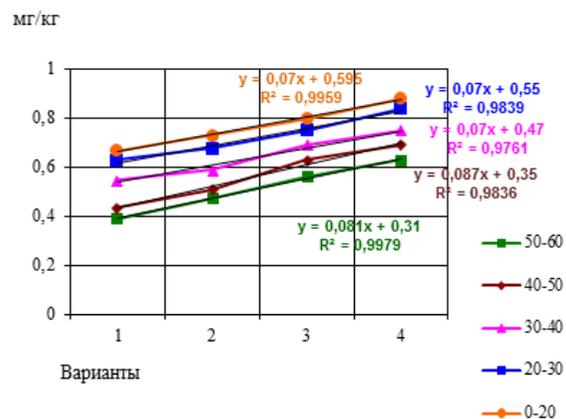
Фактор А (расстояние от дороги)	Фактор В (сорт)																			
	Енисей				Бузулук				Альтаир				Айтана				Алисон РМ			
	Фактор С (средства химизации)																			
	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид	Контроль	Гербицид	НРК + гербицид	2НРК + гербицид
50-60	1,54	1,82	2,14	2,20	1,78	2,06	2,44	2,40	1,68	1,89	2,29	2,28	1,57	1,74	2,17	2,18	1,53	1,72	2,12	2,14
40-50	1,55	1,83	2,16	2,21	1,79	2,06	2,44	2,41	1,69	1,90	2,30	2,27	1,56	1,76	2,16	2,16	1,54	1,72	2,13	2,15
30-40	1,58	1,85	2,20	2,19	1,81	2,07	2,45	2,39	1,71	1,92	2,31	2,25	1,58	1,80	2,18	2,16	1,56	1,75	2,16	2,11
20-30	1,60	1,87	2,23	2,17	1,82	2,09	2,48	2,39	1,74	1,93	2,33	2,24	1,62	1,84	2,21	2,14	1,58	1,76	2,15	2,10
0-20	1,63	1,88	2,24	2,16	1,84	2,10	2,46	2,38	1,73	1,95	2,34	2,23	1,61	1,83	2,19	2,13	1,57	1,80	2,17	2,09
НСР ₀₅ =0,15 НСР _А =0,03 НСР _В =0,03 НСР _С =0,026	Влияние фактора: А значимо В значимо С значимо																			

Содержание валовых форм тяжелых металлов в почве изучаемых участков (среднее за 2014-2017 гг.)



Содержание валовой формы свинца, мг/кг

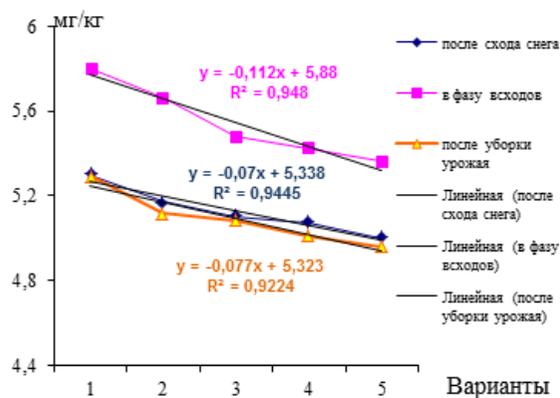
Содержание валовой формы цинка, мг/кг



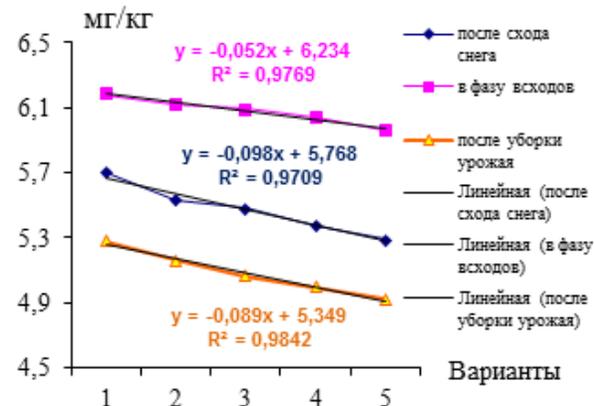
Содержание валовой формы кадмия, мг/кг

Содержание валовой формы меди, мг/кг

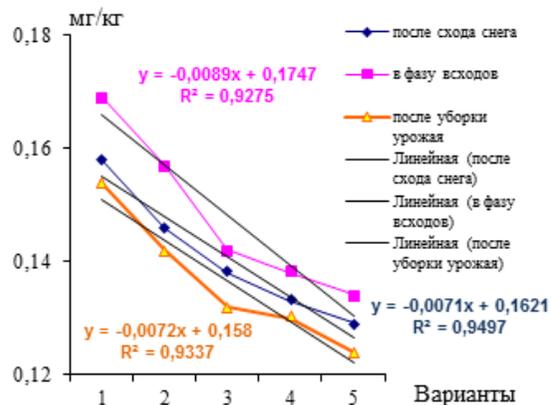
Распределение подвижных форм тяжелых металлов на расстоянии 0-20 м от дороги на контрольном варианте (среднее за 2014-2017 гг.)



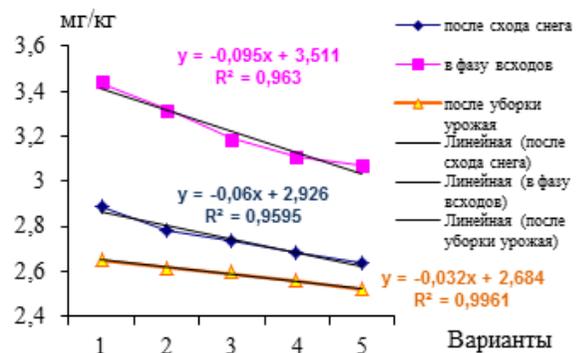
Содержание подвижной формы свинца, мг/кг



Содержание подвижной формы цинка, мг/кг



Содержание подвижной формы кадмия, мг/кг

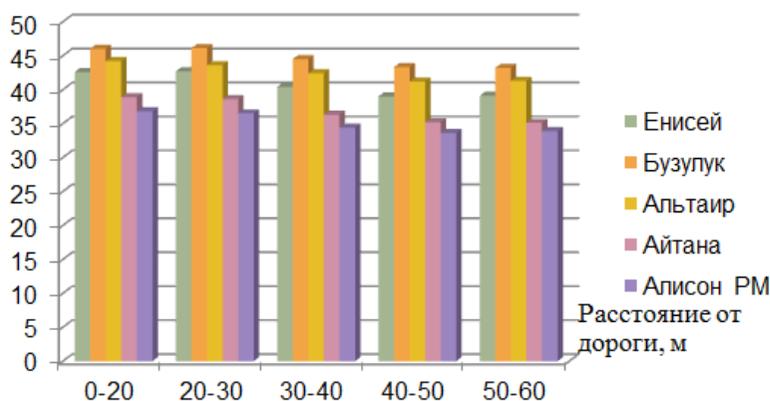


Содержание подвижной формы меди, мг/кг

Особенности формирования всходов подсолнечника
на изучаемых участках, количество всходов, тыс. шт./га (среднее за 2014-2017 гг.)

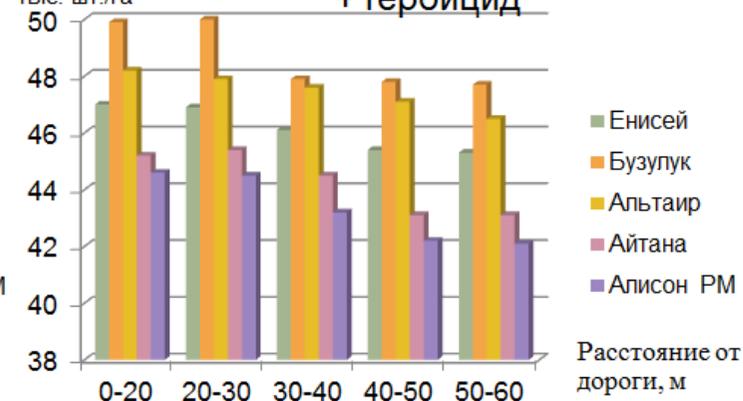
Кол-во всходов,
тыс. шт./га

Контроль



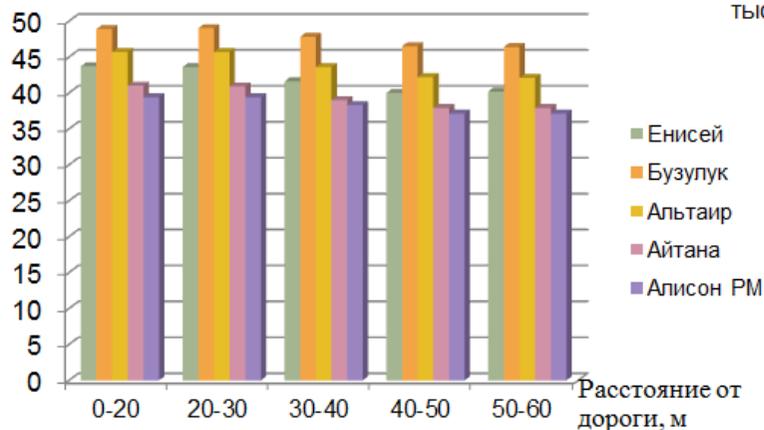
Кол-во всходов,
тыс. шт./га

Удобрения (1NPK)
+ гербицид



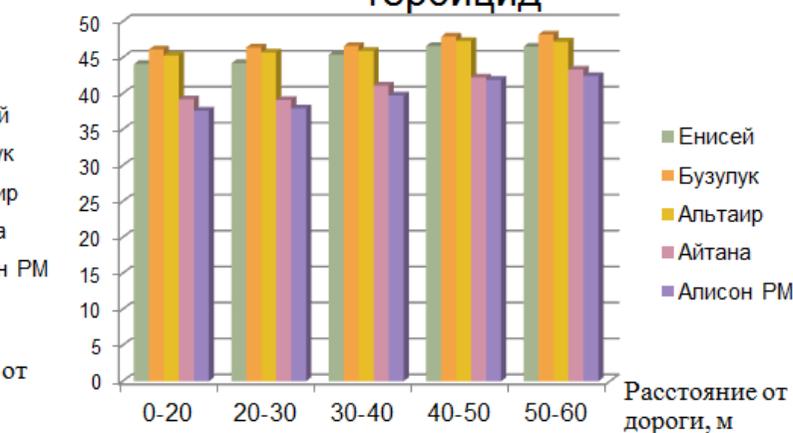
Кол-во всходов,
тыс. шт./га

Гербицид

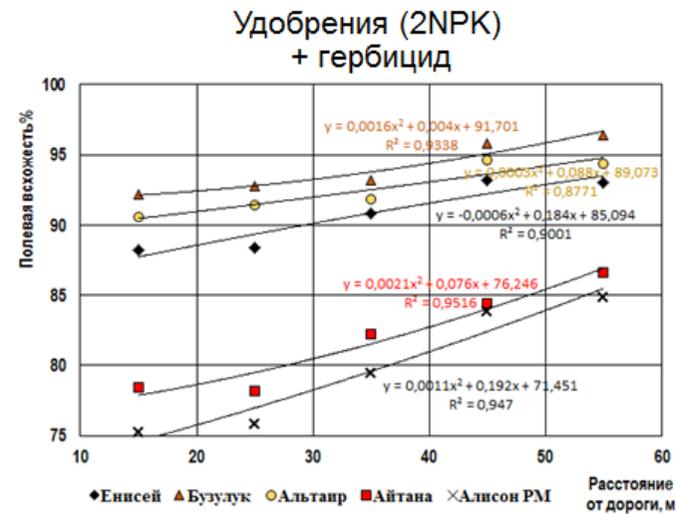
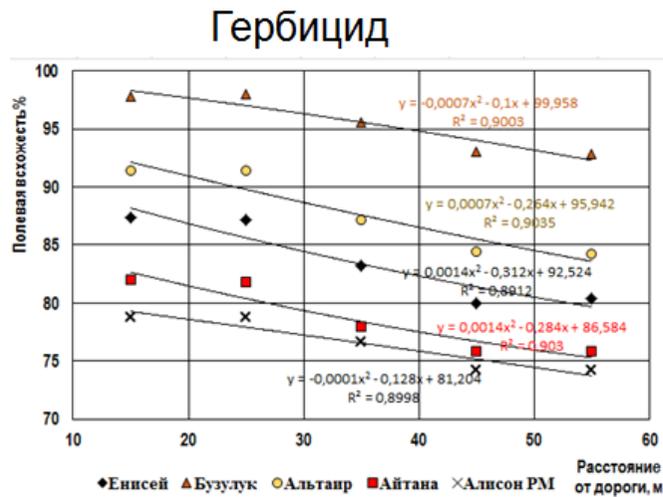
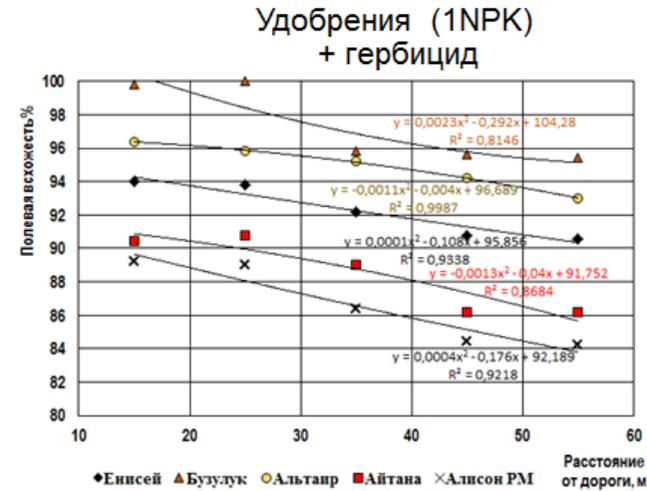
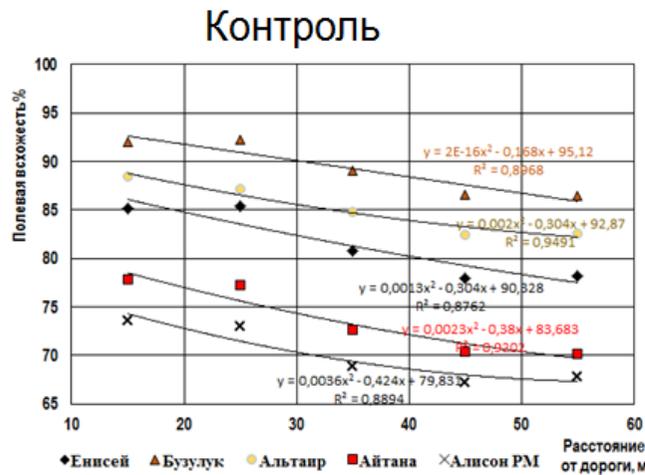


Кол-во всходов,
тыс. шт./га

Удобрения (2NPK)
+ гербицид

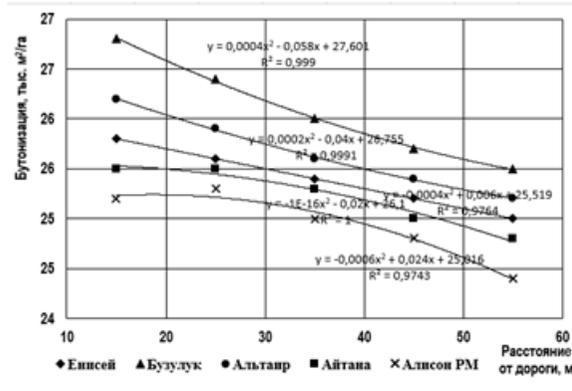


Особенности формирования всходов подсолнечника
на изучаемых участках, полевая всхожесть, % (среднее за 2014-2017 гг.)

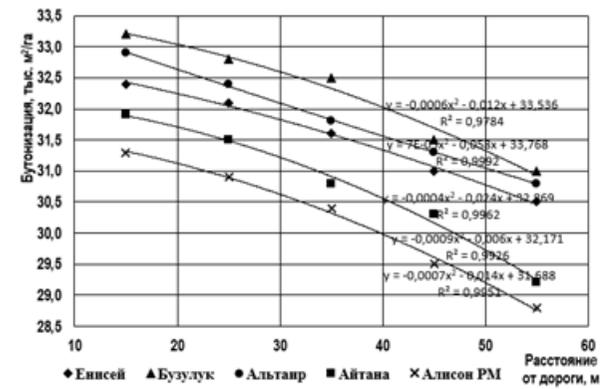


Динамика формирования площади листьев
подсолнечника (Бутонизация), тыс. м²/га (среднее за 2014-2017 гг.)

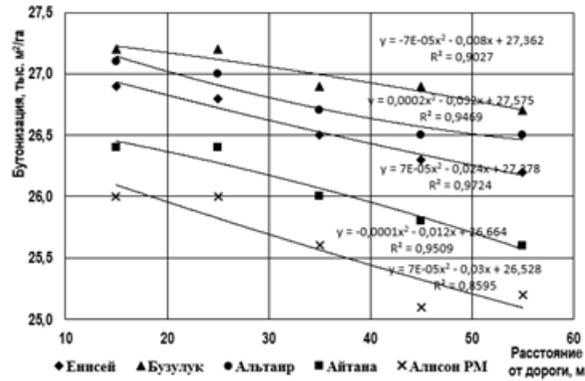
Контроль



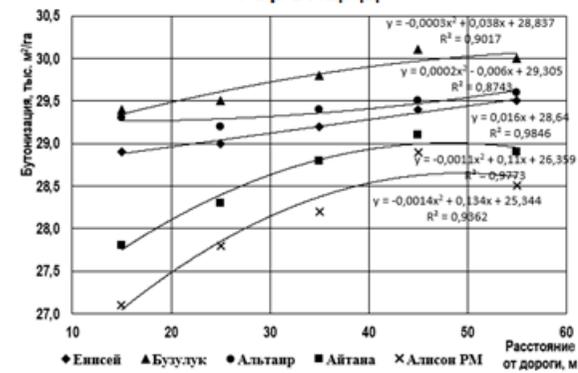
Удобрения (1NPK)
+ гербицид



Гербицид

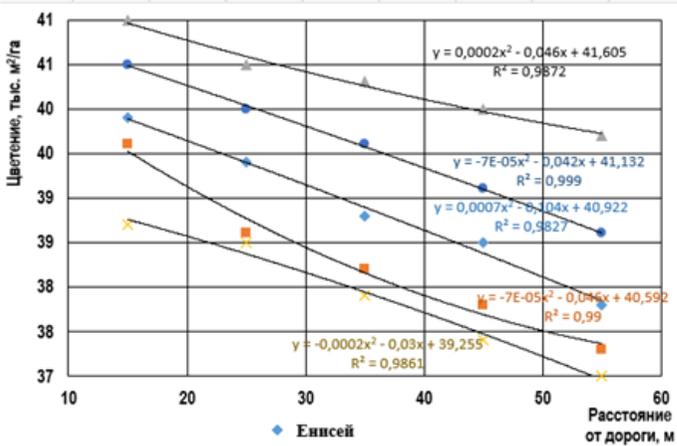


Удобрения (2NPK)
+ гербицид

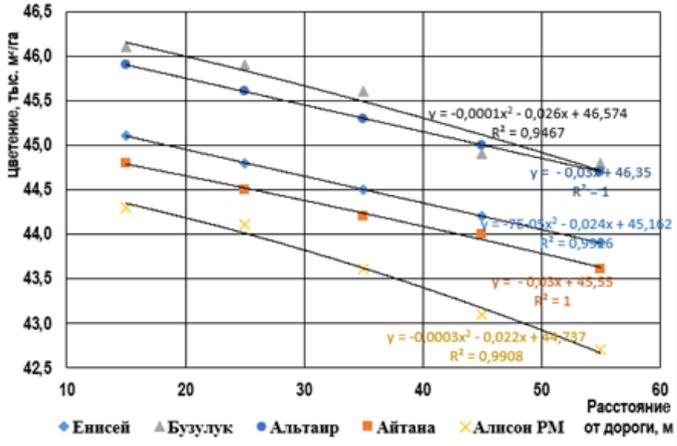


Динамика формирования площади листьев
подсолнечника (Цветение), тыс. м²/га (среднее за 2014-2017 гг.)

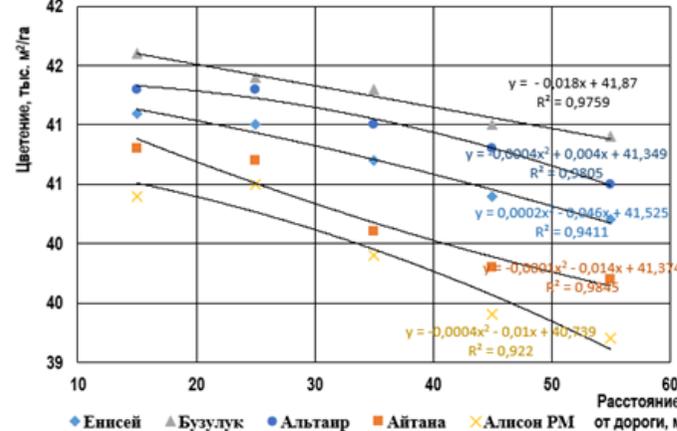
Контроль



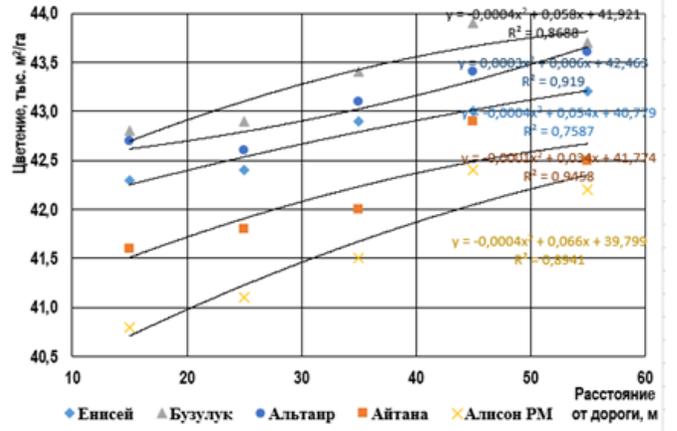
Удобрения (1NPK)
+ гербицид



Гербицид

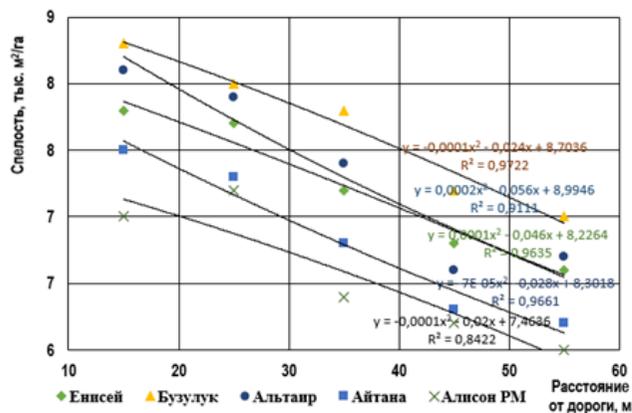


Удобрения (2NPK)
+ гербицид

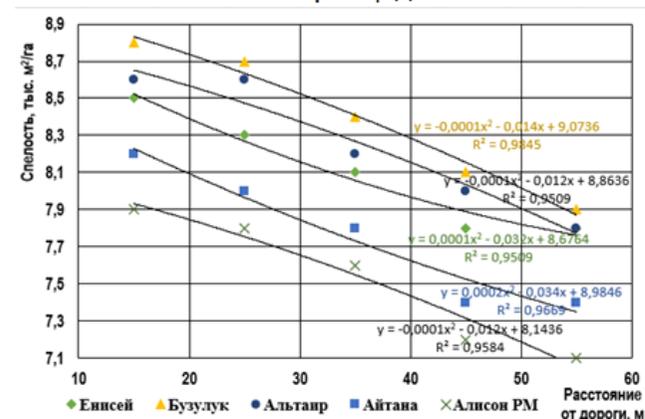


Динамика формирования площади листьев
подсолнечника (Спелость), тыс. м²/га (среднее за 2014-2017 гг.)

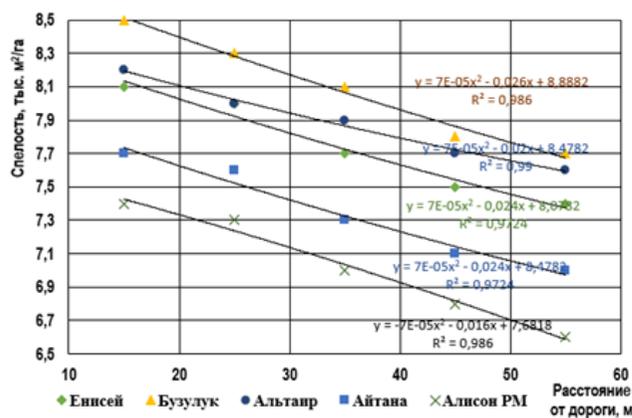
Контроль



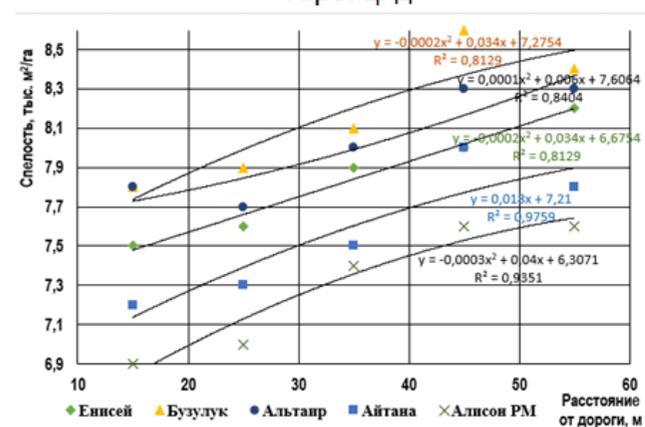
Удобрения (1NPK)
+ гербицид



Гербицид

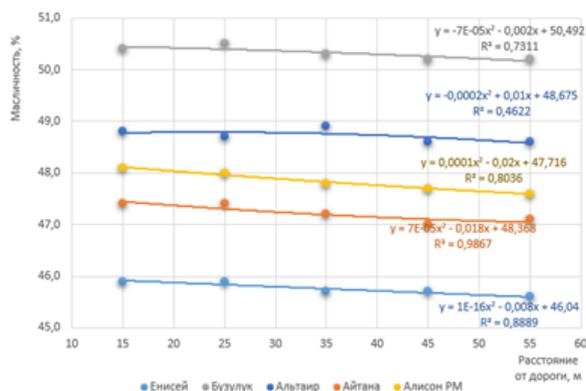


Удобрения (2NPK)
+ гербицид

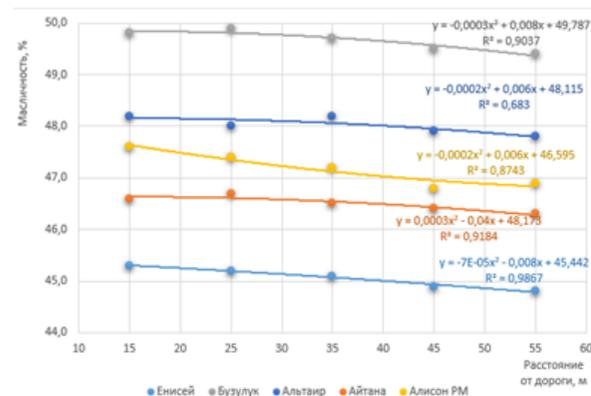


Основные показатели качества маслосемян сортов и гибридов подсолнечника (Масличность, %) (среднее за 2014-2017 гг.)

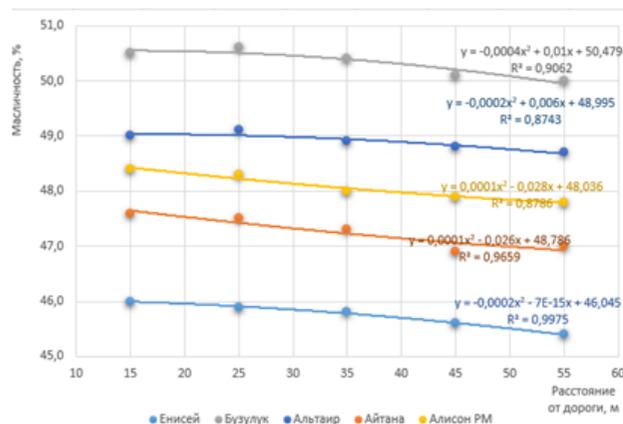
Контроль



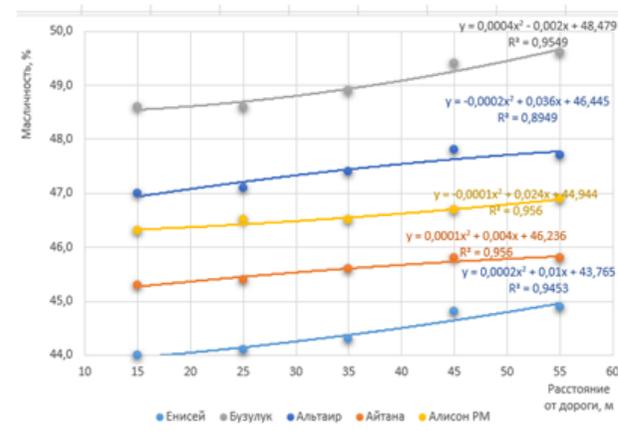
Удобрения (1NPK) + гербицид



Гербицид

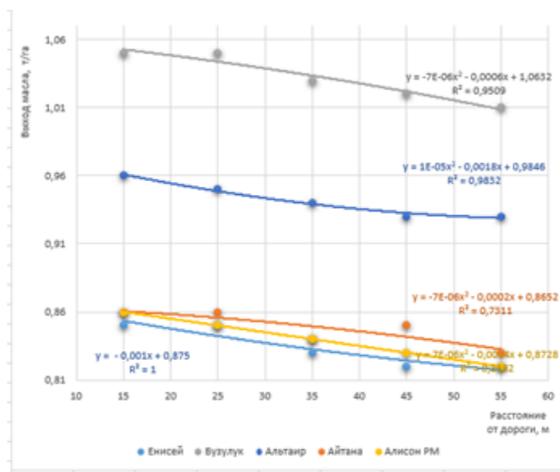


Удобрения (2NPK) + гербицид

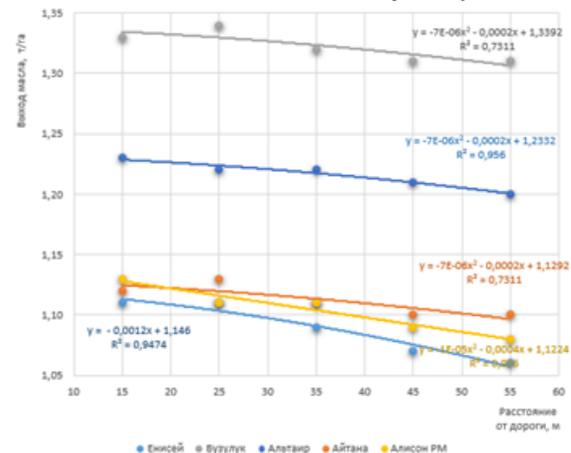


Основные показатели качества маслосемян сортов и гибридов подсолнечника (Выход масла) (среднее за 2014-2017 гг.)

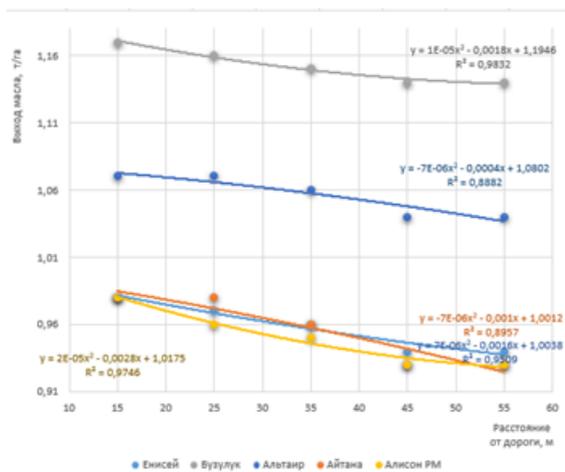
Контроль



Удобрения (1NPK) + гербицид



Гербицид



Удобрения (2NPK) + гербицид

