

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский государственный аграрный университет»

Кафедра агрохимии и почвоведения

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
БАКАЛАВРА**

по направлению «Агрохимия и почвоведение» на тему:

«Агрохимическая характеристика и разработка рекомендации по
восстановлению плодородия почвы земельного участка, загрязненного
нефтепромысловой сточной водой»

Выполнил – студент Б142- 02 группы
Бюро агрономического факультета

Кузнецов А.В.

Научный руководитель
доктор с.-х. наук, профессор

Гилязов М.Ю.

Зав. кафедрой
доктор с.-х. наук, доцент

Миникаев Р.В.

Обсуждена на заседании кафедры и допущена к защите
(протокол № 11 от 17.06.2019 г.)

Казань – 2019 г

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	5
1	ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	7
2	МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ	16
3	РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	21
3.1	Общая характеристика загрязненного участка	21
3.2	Влияние загрязнения почвы нефтепромысловой сточной водой на урожайность яровой пшеницы	25
3.3	Агрохимические свойства загрязненного НСВ выщелоченного чернозема	27
3.4	Рекомендации по рекультивации почвы загрязненного участка	33
3.5	Экономическая оценка эффективности рекомендуемых приемов восстановления плодородия загрязненного НСВ земельного участка	40
4	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	44
5	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	48
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	50
	Приложение 1	56
	Приложение 2	57

ВВЕДЕНИЕ

Почва - наиболее ценный и трудновосполнимый компонент природной среды, от состояния которого зависят продовольственные ресурсы и жизнь

человеческого общества. Почвенный покров представляет собой общепланетарное образование - педосферу, подобную литосфере, гидросфере и атмосфере, с которыми живое вещество образует биосферу планеты. Особые свойства и функции почвенного покрова проявляются в плодородии почвы, то есть в способности экосистемы «почва-растение» улавливать и накапливать световую энергию солнца в виде фитомассы, являющейся основой жизни на нашей планете [Кирюшин, 2010].

Земли, на которых в результате хозяйственной деятельности уничтожена растительность, изменены гидрологический режим и рельеф местности, разрушен или загрязнен почвенный покров принято называть нарушенными [ГОСТ 27593-88].

Рекультивация земель, т.е. восстановление плодородия нарушенных почв сложная проблема и ее решение в значительной мере зависит от конкретных экологических условий нарушенных территорий. Для нашей республики особенно актуальным является рекультивация земель, загрязненных при добыче нефти. К опасным загрязнителям относятся не только углеводороды, которые поступают в почву при фонтанировании нефти, неправильной очистке буровых скважин, хранилищ и резервуаров с мазутом и нефтепродуктами, при утечке нефти из трубопроводов, но и так называемые нефтепромысловые сточные воды (НСВ). Ведь вместе с нефтью из недр земли извлекается огромное количество минерализованных подземных вод, которые являются агрессивной и токсичной жидкостью, вызывающей интенсивную коррозию оборудования и оказывающей отрицательное воздействие на окружающую среду. Если учесть, что ежегодно из недр Татарстана вместе с нефтью извлекается до 170 млн. тонн НСВ, то становится понятной первостепенность проблемы их утилизации. Большая часть (около 91%) очищенной от нефти и механических примесей сточной воды закачивается через нагнетательные скважины в продуктивные пласты с целью поддержания пластового давления [Васясин, Покровский, 1993].

Масштабы и интенсивность воздействия НСВ на геохимию природной системы часто более значительны, чем воздействие собственно нефти и нефтепродуктов [Гилязов, 1985, Солнцева, 1998, 2002]. Исследования кафедры агрохимии и почвоведения нашего университета [Гилязов, 1999; Гилязов, Гайсин, 2009] и других научных коллективов [Хакимов, 2000; Козловская, 2000; Габбасова и др., 2002; Постряков, 2007; Леднёв, 2008; Сулейманов, 2010; Фоминых, 2013; Казанцева, 2014] показывают, что загрязненные нефтепромысловыми сточными водами почвы почти полностью теряют плодородие и выбывают из сельскохозяйственного оборота. Поэтому рекультивация загрязненных НСВ почв позволило бы вернуть в сельскохозяйственный оборот значительные площади как в нашей республике, так и в других нефтедобывающих районах.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Нефтепромысловые сточные воды образуются при добыче и подготовке нефти и включают в себя пластовые и производственные сточные

воды. Основным объемом НСВ составляют пластовые, то есть извлекаемые вместе с нефтью подземные воды, они, прежде всего, и определяют физико-химические свойства НСВ. К производственным сточным водам относятся воды, сбрасываемые в канализацию от химических лабораторий, насосных и компрессорных станций, пробоотборных систем установок подготовки нефти, из аппаратов и оборудования. Сюда же относятся дождевые стоки с канализируемых площадок технологического оборудования и обвалованных территорий нефтяных резервуаров.

Состав нефтепромысловых сточных вод весьма сложен и зависит от многих факторов: месторождения, технологической схемы добычи нефти, времени года и т.д. НСВ содержат водорастворимые соли; растворимые газы (H_2 , CO_2 , O_2 , H_2S , газообразные углеводороды, N_2 и т.д.); нефть; взвешенные частицы (состоящие в свою очередь из глинистых частиц, карбонатов, окисей и гидроокисей железа, кварца, органических веществ); поверхностно-активные вещества, вводимые для обезвоживания и обессоливания нефти. Кроме того, НСВ характеризуются определенной температурой, вязкостью, удельным весом, величиной рН и коррозионной активностью. Важной характеристикой, позволяющей судить об агрессивности сточных вод к бетону и металлам, является величина рН. Согласно [Миронов, 1976], рН сточных вод нефтепромыслов лежит в пределах 4,7-6,9. В процессе транспортировки и хранения НСВ этот показатель может изменяться: рН сероводородных вод может увеличиваться вследствие выделения H_2S и CO_2 , а рН железосодержащих пластовых вод – по мере удаления из НСВ углекислого газа. В результате же окисления и гидролиза солей железа, кислотность может и повышаться.

Под действием НСВ интенсивному коррозионному разрушению подвергаются стальные трубопроводы, оборудование, арматура, насосы и колонны труб нагнетательных и поглощающих скважин. Срок службы трубопроводов без специальных мер защиты исчисляется 1,5-4 годами. В условиях Республики Татарстан особенно сильная коррозия проявляется в

пластовой воде угленосных горизонтов. При этом срок службы водоводов обычно не превышает двух лет, а частота порывов в конце периода их эксплуатации достигает 25-30 и более случаев на 1 км трубы в год [Саттаров, 1981]. Лишь создание и внедрение в производство труб с антикоррозионными покрытиями позволяют резко снизить аварийность [Тахаутдинов, Ибрагимов, 2000; Кузнецов и др., 2013].

Минерализация – важнейшая экологическая характеристика НСВ, определяющая характер и степень изменения свойств загрязненных почв. Она зависит от глубины продуктивного пласта, из которого добывается нефть, геологических условий формирования нефтяных пластов, условий разработки и технологии подготовки нефти [Геохимия подземных вод, 2012]. Для различных пластов и районов РФ минерализация вод в основном изменяется в пределах от 15 до 250 г/л. Все пластовые воды нефтяных месторождений исключительно хлоридные. Преобладающие катионы – натрий и кальций. Воды, в которых преобладает катион кальций, принадлежат к особо крепким рассолам с минерализацией свыше 300-400 г/л [Пиковский, 1988].

Минерализация сточных вод нефтепромыслов ОАО «Татнефть» в зависимости от месторождения, технологической схемы добычи, времени года колеблется в пределах от 100 до 300 г/л, причем основная часть солей представлена NaCl. Независимо от уровня минерализации, соотношение ионов, как правило, отличается известным постоянством. От общего содержания ионов (мг-экв/л) на долю Cl приходится чуть меньше 50%, Na – 30-45%, Ca и Mg (в сумме) – 5-15%. На долю SO₄ и HCO₃ приходится менее 1%. Следует отметить, что на предприятиях ОАО «Татнефть» нефтепромысловые сточные воды характеризуются не только высокой минерализацией, но и значительным превышением Na над Ca и Mg. Коэффициент потенциального поглощения натрия (SAR), определяемый по формуле Ричардса, колеблется в пределах 85-95. Имея в виду, что при величине SAR > 26 опасность осолонцевания считается уже очень высокой

можно ожидать, что НСВ могут не только вызвать серьезные нарушения в солевом режиме почв, но и вызвать их осолонцевание [Гилязов, Гайсин, 2009].

Из газообразных компонентов в пластовых водах много H_2S , азота, гелия. Согласно [Сухарев, 1971] в Волго-Камском артезианском бассейне содержание йода и брома в среднем составляет соответственно 11 и 543 мг/л. По данным [Беус и др., 1976] в глубинных минерализованных рассолах, к которым следует отнести и нефтяные пластовые воды, наблюдается высокое содержание лития (от 1 до 40 мг/л), рубидия (от 0,1 до 15 мг/л), цезия (до 10 мг/л), а также ряда других микро- и ультрамикроэлементов.

Следовательно, загрязнение почв нефтепромысловыми сточными водами может вызвать засоление, осолонцевание почв, обогащение их многими макро- и микроэлементами, и как следствие, изменение водно-физических и биологических свойств.

Эти предположения полностью подтвердились исследованиями сотрудников кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ. Оказалось, что в результате загрязнения почв нефтепромысловыми сточными водами происходит одновременное и засоление, и осолонцевание почв и, таким образом, образуются техногенные солонцы-солончаки. В условиях Закамья РТ техногенные солонцы-солончаки по анионам чаще соответствуют хлоридному и сульфатно-хлоридному типам засоления, а по катионам – натриевому, магниевому-кальциевому и кальциевому-натриевому. Тип засоления обуславливается как составом НСВ и типом фоновой почвы, так и степенью и давностью загрязнения [Гилязов, 1985; Гилязов, Гайсин, 2009].

Таким образом, исследования кафедры агрохимии и почвоведения Казанской ГАУ показали, что первопричиной утраты плодородия почв при загрязнении НСВ является насыщение почвенно-поглощающего комплекса натрием и накопление в почве избыточного количества водорастворимых солей. Следовательно, почвы, загрязненные нефтепромысловыми сточными водами, имеют определенное сходство с природными солонцами и

солончаками. В связи с этим нам интересен опыт изучения и освоения природных солонцов и солончаков, которые широко распространены в зонах сухих и пустынных зонах.

Как известно, к солончакам относят почвы, содержащие большое количество водорастворимых солей с самой поверхности и в профиле. В зависимости от химизма засоления соли в верхнем горизонте солончаков составляют от 0,6-0,7 до 2-3% и более. Накопление солей в почвах составляет сущность солончакового процесса. Высокое содержание солей в солончаках определяет особенности строения их профиля и свойства. Профиль солончаков слабо дифференцирован на генетические горизонты. В нем выделяют гумусовый горизонт А, переходный В и почвообразующую породу С. По всему профилю солончака заметны выцветы солей особенно после подсыхания стенки разреза. Содержание гумуса колеблется от 0,5 до 5-8% [Кирюшин, 2010].

Наиболее радикальным средством удаления избытка солей из солончаков представляется промывка почвы пресной водой в сочетании с подземным дренажом [Ковда, 1981; Ибрагимов, 1990; Волобуев, 1996; Harris, Tapp, Sublette, 2005]. Однако промывка, особенно со строительством дренажа, требует огромных затрат, и, поэтому нередко промывку стараются заменить комплексом влагонакопительных агротехнических приемов [Федорина, Максимова, 1993; Гилязов, Гайсин, 2009; Кирюшин, 2010;].

Солонцы, как и солончаки, относятся к категории засоленных почв, однако в отличие от солончаков содержат водорастворимые соли не в самом верхнем горизонте, а на некоторой глубине. Согласно коллоидно-химической теории К. К. Гедройца, солонцы образовались при рассолении солончаков, засоленных нейтральными солями натрия [Кирюшин, 2010].

Высокая концентрация солей отрицательно сказывается на их водном и питательном режимах. Вследствие высокой гигроскопичности для растений влага становится недоступной. У культурных растений на засоленных почвах нарушается минеральное питание и обмен веществ, задерживается развитие,

особенно в начальный период, ослабляется фотосинтез, как следствие, снижается урожайность и его качество.

Засоление и осолонцевание загрязненных НСВ почвах обнаружены также в условиях Республики Башкортостан [Габбасова и др., 1997, 2002; Хакимов, 2000; Поскряков, 2007; Сулейманов, 2010]. Они отмечают, что загрязнение типичного чернозема НСВ до уровня 4-процентного содержания солей в течение двух месяцев не приводит к существенной перестройке почвенного поглощающего комплекса и изменению ее физико-химических свойств. В то же время в зависимости от количества НСВ и длительности взаимодействия в почве увеличивается подвижность органического вещества, возрастает количество минерального азота с преобладанием аммонийной формы, ингибируется процесс нитрификации, несколько уменьшается содержание подвижного фосфора и увеличивается содержание калия.

Наиболее существенное воздействие НСВ оказывают на биогенность почвы: подавляется интенсивность эмиссии CO_2 , и ферментативная активность почв. Но степени подавления активности ферментов при засолении они располагаются в следующий убывающий ряд: уреазы – инвертазы – фосфатазы – дегидрогеназы – каталазы. По мнению этих авторов для диагностики уровня засоления черноземов типичных наиболее целесообразно оценивать активность гидролитических ферментов, но не ранее чем через 1-2 месяца после аварийного выброса нефтепромысловых сточных вод.

По данным ряда исследователей [Солнцева, 1981; Гилязов, 1985; Пиковский, 1988; Габбасова и др., 1997; Хакимов, 2000; Пермякова, Козловская, 2000; Фоминых, 2012 и др.] насыщение ППК натрием сопровождается некоторым уменьшением количества обменных катионов Са и Н и не приводит к вытеснению поглощенного Mg. В связи с отмеченным в загрязненной почве наблюдается некоторое возрастание суммы поглощенных катионов. Вытеснение поглощенного Н из ППК обменным Na, а также кислая реакция самих НСВ приводит к повышению актуальной кислотности

загрязненной почвы. Негативное влияние солонцеватости наиболее рельефно проявляется в ухудшении водно-физических свойств загрязненных почв: уменьшается количество агрономически ценных макро- и микроагрегатов, возрастает количество недоступной влаги, повышается дисперсность и глыбистость почвы. Ухудшение структурности загрязненных НСВ почв в свою очередь, резко снижает их водопроницаемость.

При загрязнении НСВ почвы становятся токсичными для растений и на длительное время выбывают из сельскохозяйственного оборота. Фитотоксичность почв, загрязненных нефтепромысловыми сточными водами, обуславливается различными причинами. Так, ряд исследователей Башкортостана считают, что НСВ и нефтепродукты резко снижают ферментативную активность в результате: прямое ингибирование, разрушение или индуцирование их действия и косвенное изменение ферментативного пула почвы в результате ингибирования почвенной микрофлоры [Габбасова и др., 1997].

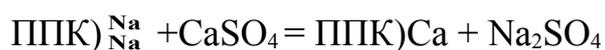
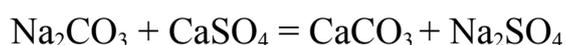
Загрязнение почв пластовыми минеральными водами: происходит снижение буферной ёмкости почвы, что в свою очередь вызывает стресс, как для растений, так и для почвенной биоты [Пермякова, Козловская, 2000; Казанцева, 2014]. На второй год, начинается восстановление растительного сообщества. Но видовое большинство на экспериментальных площадках всё ещё значительно отличается от контрольных данных [Козловская, 2000].

В отдельных случаях причиной угнетения растений на засоленных почвах могут быть и избыточное накопление подвижных форм некоторых микроэлементов [Гилязов, Гайсин, 2009].

Исследования нашей кафедры показали, что в условиях Республики Татарстан скорость естественного самоочищения недостаточна для быстрого восстановления плодородия загрязненных НСВ почв, и поэтому возникает необходимость их рекультивации [Гилязов, 1985; Гилязов, Смирнов, 2014].

Наиболее радикальным приёмом рассолонцевания солонцов и солончаковатых почв является химическая мелиорация. Теоретические и

практические основы химической мелиорации солонцов были впервые разработаны К. К. Гедройцем. Сущность ее заключается в замещении поглощенного натрия катионами мелиоранта, вследствие чего улучшаются водно-физические и физико-химические свойства солонцов. В практике для мелиорации природных солонцов широко применяется гипс, кальций которого, воздействуя на почвенно-поглощающий комплекс, изменяют качественный состав обменных катионов в лучшую сторону [Трофимов, Дергачева, 1982; Кирюшин, 2010]. Гипс имеет невысокую растворимость (2 г/л), но в присутствии хлоридов растворимость гипсов возрастает. При внесении в почву гипса в почвенном растворе устраняется сода, поглощенный натрий вытесняется и заменяется кальций с образованием хорошо нейтральной растворимой соли - сульфата натрия:



Гипсование необходимо для улучшения солонцов и солонцовых почв, содержащих более 10% поглощенного натрия от общей ёмкости поглощения. При содержании натрия более 20% от ёмкости поглощения, гипсование приводит к гипсованию большого количества сульфата натрия, которого необходимо, удалить из почвы используя орошение [Ягодин Б. А., и др. 2003].

Относительно низкая растворимость гипса и его ограниченные запасы требуют выявления дополнительных и в то же время химически более активных мелиорантов. Поэтому большое внимание учёными уделяется изучению возможности внесения в почву заменителей сыромолотого гипса и, в первую очередь, элементарной серой и минеральными кислотами. Дело в том, что из-за резкого снижения растворимости гипса в щелочной среде гипсование малоэффективно на отдельных разновидностях солонцов, особенно на солонцах содового типа засоления. Более эффективными в щелочной среде, как показывают исследования [Мкртчян, 1990; Гилязов, Гайсин, 2009], являются кислотные химические мелиоранты. Эти

исследования подтвердили положительное действие минеральных кислот не только на почвы содового, но и смешанного, а также хлоридного типа засоления. Было установлено, что при кислотности почвы происходит более быстрая нейтрализация щелочности с образованием тонкодисперсного гипса (характеризующегося повышенной растворимостью по сравнению с сыромолотым гипсом) за счет разрушения и вовлечения в реакции обмена углекислого кальция самой почвы. Кроме того, кислоты способствуют коагуляции гидрофильных коллоидов, уменьшению термодинамического потенциала и улучшению фильтрационных свойств. Интерес к кислотности усилился еще и тем, что по мнению некоторых исследователей [Гайсин, Панов, Гончарова, Горковенко, 1985; Орлов, Луганская, 1988; Балакай и др., 2011] в этих целях можно использовать различные кислые отходы промышленности, которые в огромных количествах накапливаются вблизи заводов и угрожают загрязнением окружающей среды.

Хорошие результаты дала испытание серного порошка, получаемого при очистке сернистой нефти, для рекультивации загрязненных НСВ черноземов в условиях Закамья РТ. Химическая мелиорация загрязненных НСВ почв внесением нефтяной серы в сочетании с влагонакопительной агротехникой обеспечило получение урожаев сельскохозяйственных культур на уровне не менее 85-90 % от контроля [Гилязов, Гайсин, Маннанов, 2001].

С учетом вышеизложенного мы сочли необходимым рекомендовать в качестве химического мелиоранта для рекультивации обследованного участка земли серу, получаемую как побочный продукт при очистке сернистой нефти.

Понятно, что рекомендуемые приемы рекультивации могут быть достаточно эффективными лишь при учете множества условий и свойств каждого конкретного загрязненного участка. Исходя из вышеизложенного задачами нашего исследования, явились:

1. Почвенно-агрохимическое обследование загрязненного нефтепромысловой сточной водой земельного участка;

2. Оценить влияние загрязнения почвы нефтепромысловой водой на продуктивность растений;

3. Установить изменение основных агрохимических свойств почвы под влиянием НСВ;

4. Разработать научно обоснованные рекомендации по восстановлению плодородия почвы загрязненного НСВ земельного участка;

5. Оценить ожидаемую экономическую эффективность рекомендованного способа восстановления плодородия почвы загрязненного НСВ земельного участка.

2 МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводилось на территории ООО «Кичучат» Альметьевского района Республики Татарстан (РТ). Загрязнение участка нефтепромысловой сточной водой произошло в конце октября 2017 года в

результате аварийного прорыва водовода. Данный участок находится на 4-ем поле 2-го полевого севооборота.

Почва загрязненного участка - выщелоченного чернозема, являющийся преобладающей почвенной разностью юго-восточной части Закамья РТ, где расположена большая часть нефтепромысловых объектов ОАО «Татнефть». Площадь загрязненного участка около 0,45 га.

Почвенное обследование загрязненной территории проведено в августе 2018 года. Для агрохимической характеристики почвы загрязненного участка в пяти точках отобрали образцы до глубины 1 м, послойно через 0-15, 15-30, 30-45, 45-60, 60-80 и 80-100 см. Для характеристики незагрязненной почвы, за пределами загрязненного участка (отходя от него на 15м в юго-восточном направлении) пробурили еще одну скважину на глубину 1 метра со взятием образцов из тех же слоев. В общей сложности были отобраны 36 почвенных образцов.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя незагрязненной почвы дана в таблице 1. Как видно, почва характеризуется средним содержанием гумуса (6,1-7,0 %) и реакцией среды, близкой к нейтральной. Почва отличается повышенным содержанием подвижного фосфора и высокой обеспеченностью обменного калия. Содержание обменного натрия равнялось 1,3 ммоль/ 100 г почвы, что составляет чуть более 3% от суммы поглощенных катионов, то есть исходная незагрязненная почва была несолонцеватая. Плотность сложения пахотного слоя равнялась – 1,24 г/см³.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика верхнего 0-30 см слоя незагрязненной почвы (август, 2018 г.)

Почва	Гумус, %	ЕКО	Обменный Na	Подвижные формы по Чирикову, мг/кг		pH _{сол}
				Р ₂ O ₅	K ₂ O	
Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый	<u>6,34</u> III *	40,8	1,3	<u>128</u> IV	<u>145</u> V	<u>5,67</u> V

Прим.: * – в знаменателе группы обеспеченности питательными элементами или кислотности.

Для характеристики уровня загрязнения почвы в качестве главного теста мы использовали содержание водорастворимого натрия, определенное пламенно-фотометрическим методом. Как показали предыдущие исследования нашей кафедры [Гилязов, Гайсин, 2009], по сравнению с определением сухого остатка или хлор-иона водной вытяжки определение водорастворимого натрия является наиболее высокопроизводительным и легко выполнимым видом анализа. Именно поэтому во всех индивидуальных пробах почв было определено содержание водорастворимого натрия. Другие агрохимические анализы были проведены не во всех почвенных пробах, а лишь выборочно: или только в смешанных образцах, или только в пробах верхнего 0-30 см слоя.

После определения водорастворимого натрия во всех индивидуальных пробах, для определения других агрохимических показателей метрового слоя загрязненной почвы, из четырех индивидуальных проб (точки отбора проб № 1, 2, 3, 4) каждого слоя составлялся один смешанный образец. В этих смешанных образцах и пробах незагрязненной почвы определили емкость катионного обмена, содержание обменных катионов кальция, магния, натрия,

калия, гумуса, подвижных форм фосфора и калия, величину обменной кислотности, а также полный состав водной вытяжки.

Анализы показали, что загрязненная почва характеризуется высокой степенью засоления и солонцеватости: средневзвешенное содержание водорастворимых солей (сухой остаток водной вытяжки) метрового и пахотного слоев составило соответственно 1,18 и 1,59 %%, а степень солонцеватости пахотного горизонта – 23,7 %.

Методы анализа почвы, следующие:

- содержание гумуса по Тюрину в модификации Симакова;
- емкость поглощения катионов по Бобко-Аскиназы в модификации Алешина;
- величина рН солевой вытяжки потенциметрически;
- подвижные формы фосфора и калия по Чирикову (фосфор с использованием ФЭК, калий – пламенного фотометра);
- обменные катионы Са и Mg комплексометрическим методом в вытяжке ацетата аммония;
- обменный натрий по Шолленбергеру;
- плотность сложения, влажность почвы – общепринятыми методами .

В водной вытяжке почв определили:

- лор-ион по Мору;
- сульфат-ион - гравиметрический;
- натрий и калий – пламенно-фотометрически;
- катионы кальция и магния комплексометрически;
- сухой остаток весовым методом.

Статистическая обработка урожайных данных проведена по Доспехову Б.А. (1985).

Основные показатели метеорологических условий вегетационного периода 2018 года приведены на рисунках 1 и 2.

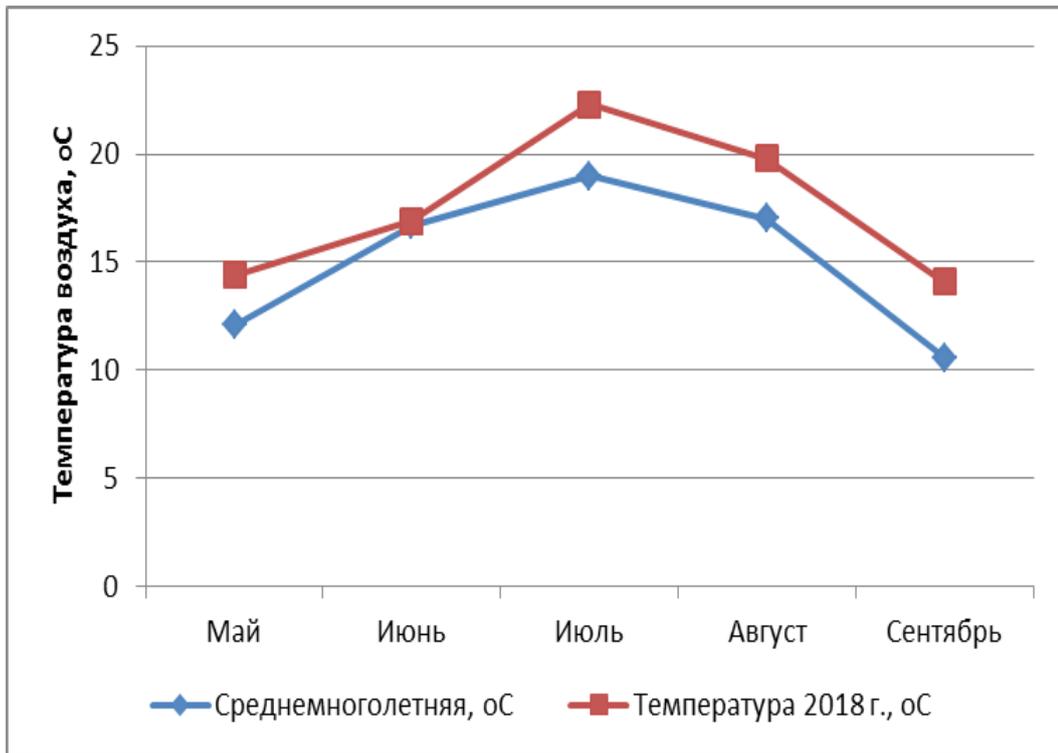


Рис. 1. Среднемесячная температура воздуха вегетационного периода 2018 года

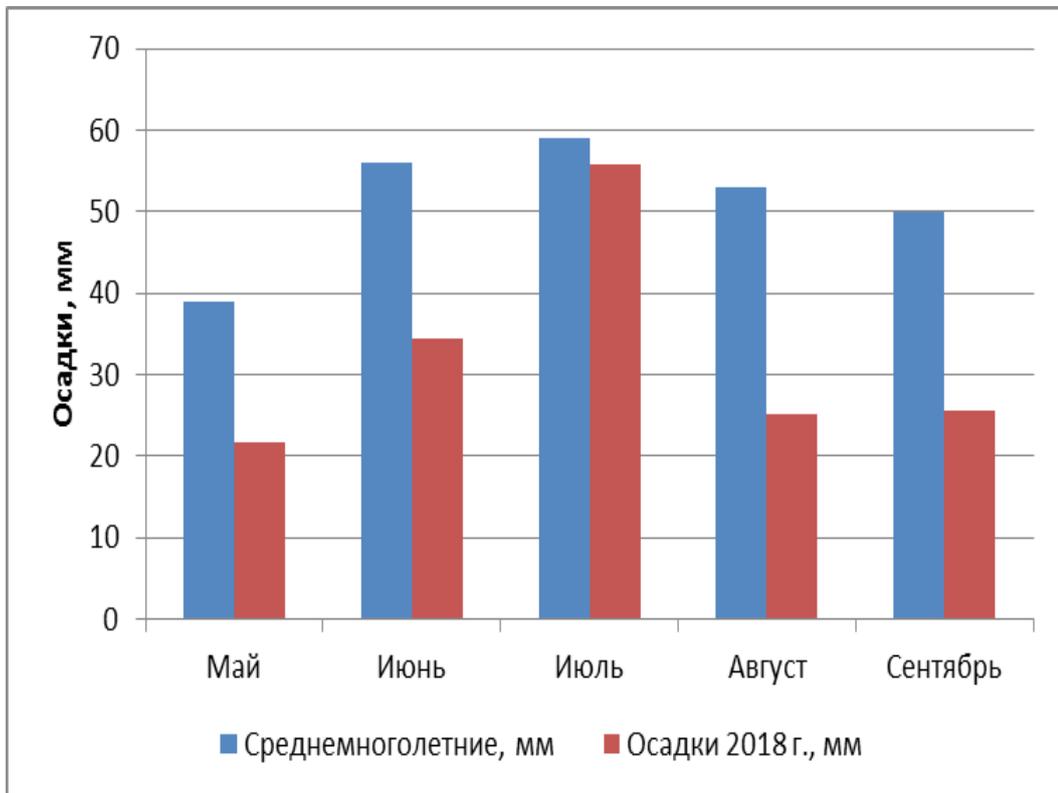


Рис. 2. Количество атмосферных осадков вегетационного периода 2018 года

Средняя температура воздуха в течение всего вегетационного периода оказалась выше среднеголетней нормы. Особенно теплыми оказались июль и сентябрь, когда отклонение фактической температуры воздуха от нормы составила 3,3-3,5 °С. Близким к норме оказался тепловой режим лишь июня.

Повышенная температура сопровождалась недостаточным количеством атмосферных осадков (рис. 5). За период май-сентябрь фактическое количество осадков составило только 63 % от среднеголетнего значения. Сочетание недостаточного количества осадков с повышенной температурой воздуха, безусловно, оказало негативное влияние на продуктивность растений. Однако, несмотря на это, были получены неплохие урожаи сельскохозяйственных культур. Одной из причин этого явилось, на наш взгляд, осадки третьей декады мая и первой декады июня. В этот весьма ответственный для наших культур период выпало более 33 мм осадков при благоприятном температурном режиме. Как показали наши исследования [Гилязов, Лукманов, Муратов, 2016], урожайность многих культур нашей зоны наиболее тесно коррелируется именно количеством июньских осадков. Следует также отметить, что метеорологические условия августа и сентября благоприятствовали созреванию и уборке урожая.

Последующие три месяца были засушливыми и теплыми, особенно сентябрь месяц. В целом, конец лета и начало осени оказались благоприятными для созревания и уборки зерновых и многих кормовых культур.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Общая характеристика загрязненного участка

Как уже отмечалось, загрязнение земельного участка нефтепромысловой сточной водой произошло в конце октября 2017 года в результате аварийного прорыва водовода, находящегося во введении НГДУ «Альметьевскнефть». Данный участок находится на 4-ем поле 2-го полевого севооборота ООО «Кичучат» Альметьевского муниципального района Республики Татарстан, примерно на расстоянии около 2 км восточнее д. Кичучатово. В 2018 году на этом поле возделывалась яровая пшеница сорта Йолдыз.

Почва загрязненного участка - тяжелосуглинистый выщелоченный чернозем, являющийся преобладающей почвенной разностью Закамья РТ, где расположена большая часть нефтепромысловых объектов ОАО «Татнефть».

Обследование загрязненной территории проведено в августе 20018 года. Загрязненный участок имеет форму неправильного пятиугольника. Для измерения примерной площади загрязненного участка, его разделили на три треугольника. Длины оснований и высоты этих геометрических фигур схематично указаны на рисунке 3. Как видно из приведенных расчетов, ориентировочная площадь загрязненного участка составляет около 0,45 га.

В пяти точках, расположенных по двум диагоналям пятиугольника, были отобраны почвенные образцы до глубины 1 м. По линии длинной диагонали образцы почв брали в трех точках. а по другой диагонали - в двух точках. Пробы отбирали послойно через 0-15, 15-30, 30-45, 45-60, 60-80 и 80-100 см. Для характеристики незагрязненной почвы, за пределами загрязненного участка (отходя от него на 20 м в северо-западном

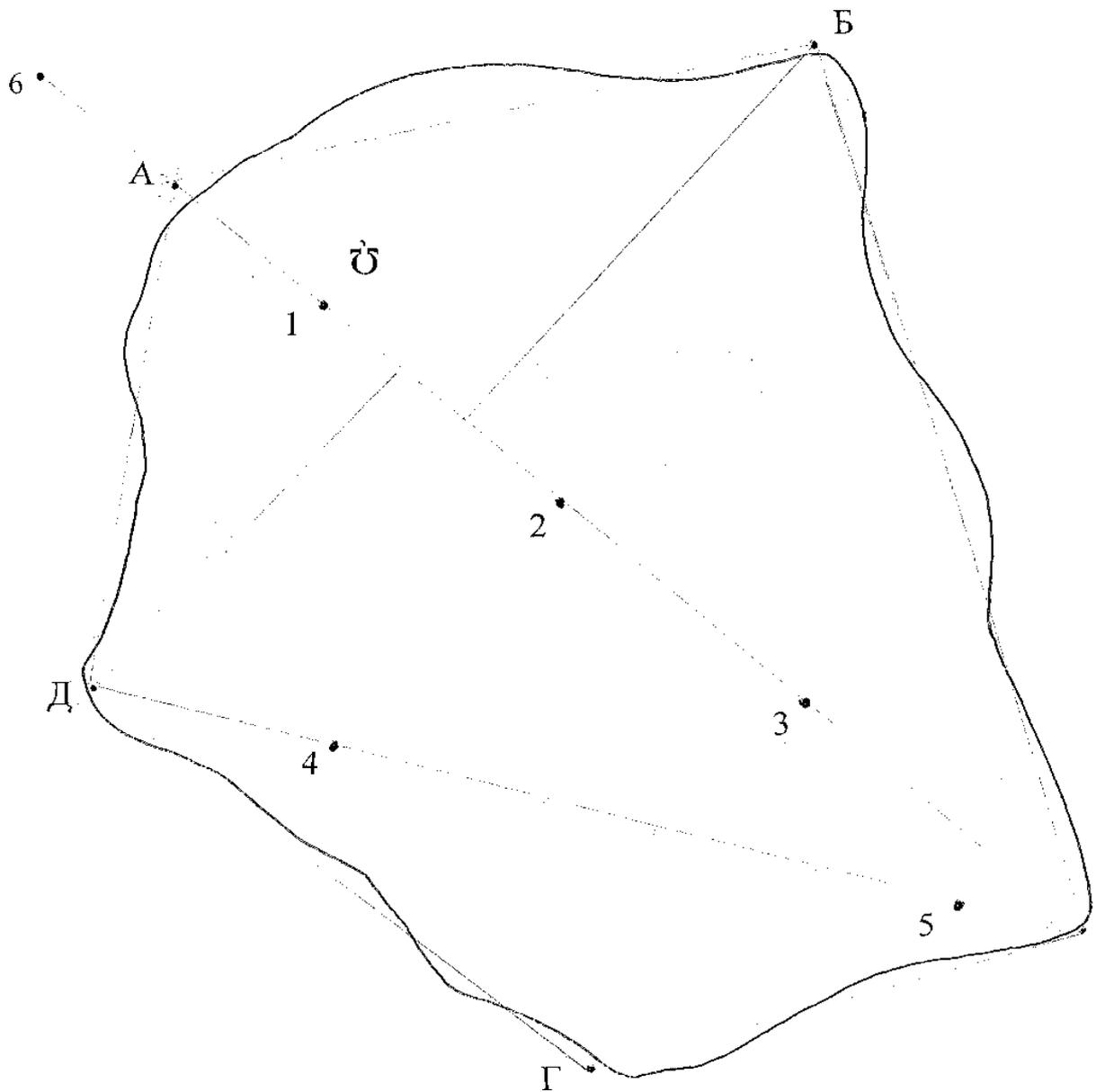


Рис. 3. План-схема и расчет площади загрязненного нефтепромысловой сточной водой земельного участка

$$\Delta_{АБВ}=(95 \times 42):2=1995 \text{ м}^2; \quad \Delta_{АВД}=(95 \times 36):2=1710 \text{ м}^2; \quad \Delta_{ВГД}=(82 \times 20):2=820 \text{ м}^2;$$

$$\text{Общая площадь} = 1995 + 1710 + 820 = 4525 \text{ м}^2.$$

Ѕ - место аварийного порыва; 1, 2, 3, 4, 5, 6 – точки отбора проб.

Засоленность метрового слоя загрязненной почвы по содержанию водорастворимого натрия (%)

Слой почвы, см	Места отбора почвенных проб					
	1	2	3	4	5	6
0-15	0,603	0,483	0,202	0,222	0,149	0,001
15-30	0,701	0,586	0,215	0,236	0,182	0,002
30-45	0,520	0,554	0,224	0,227	0,167	0,001
45-60	0,371	0,249	0,210	0,185	0,086	0,001
60-80	0,298	0,198	0,129	0,178	0,100	0,002
80-100	0,246	0,171	0,122	0,142	0,080	0,001
0-100	<u>0,457</u> очень сильная	<u>0,374</u> очень сильная	<u>0,178</u> сильная	<u>0,198</u> сильная	<u>0,124</u> средняя	<u>0,001</u> не засол.

Прим.: * - степень засоления.

Таблица 3

Оценка степени засоления почв, загрязненных нефтепромысловыми сточными водами, по содержанию водорастворимого натрия

Степень засоления	Содержание водорастворимого натрия в метровом слое, %
Слабая	0,035-0,070
Средняя	0,071-0,140
Сильная	0,141-0,280
Очень сильная	более 0,280

направлении) пробурили еще одну скважину на глубину 1 метра со взятием образцов из тех же слоев. Места (точки) отбора почвенных проб указаны на рисунке 3.

Уровень загрязнения почвы изучаемого участка нами оценено по содержанию водорастворимого натрия, определяемого пламенно-фотометрическим методом и поэтому являющимся наиболее удобным видом анализа среди других, используемых для оценки степени загрязнения почв нефтепромысловыми сточными водами. Результаты анализа всех индивидуальных проб почвы, отобранных как на загрязненном участке, так и на фоновой (незагрязненной) почве, показали, что уровень засоленности метрового слоя почвы изменяется в значительных пределах (таблица 2). По классификации, разработанной на кафедре агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ (таблица 3) степень засоления метрового слоя почвы варьирует от средней до очень сильной. Таким образом, участок загрязнен неравномерно. Центральная часть обследованного участка, расположенная юго-восточнее точки аварийного прорыва водовода, отличается максимальным уровнем загрязнения. Как видно, в точках отбора проб № 1, 2, расположенных примерно на расстоянии 5 и 27 м от места аварийного порыва, степень засоленности метрового слоя почвы оценивается как очень сильная, так как содержание водорастворимого натрия колебалось от 0,304 до 0,336 %. На двух точках отбора проб (№ 3 и 4), расположенных южнее центральной части, степень загрязнения нами оценена сильная. Содержание водорастворимого натрия в этих точках фиксируется в пределах 0,150 – 0,178 %. Лишь в одной точке (№ 5), наиболее удаленной от места аварийного прорыва (примерно на 71 м), степень засоления можно было оценить как средняя, так как содержание водорастворимого натрия в метровом слое почвы на этом месте составило 0,124 %. В целом, средневзвешенное содержание водорастворимого натрия в метровом слое почвы по всем точкам отбора проб (№ 1-5) равнялось 0,218 %, что оценивается как сильная степень засоления.

Почвенные образцы, отобранные на точке № 6, расположенной на расстоянии 20 м северо-западнее загрязненного участка, где не наблюдалось

угнетение растений, характеризуются как не загрязненные, ибо содержание водорастворимого натрия в них колебалось в пределах от 0,001 до 0,002 %.

3.2 Влияние загрязнения почвы нефтепромысловой сточной водой на урожайность яровой пшеницы

Одновременно со взятием почвенных проб в тех же местах были взяты снопики растений, если таковые имелись. Как уже отмечалось, на загрязненном участке пробы почв отобрали на шести точках. Из этих шести точек лишь вблизи двух (№ 5 и 6) обнаружилось выжившие растения яровой пшеницы. В других точках отбора почв яровая пшеница полностью погибла. Возле точек № 5 и 6 отбирали по три снопика с площади 0,25 м² (0,5 x 0,5).

Результаты учета урожая зерна и соломы яровой пшеницы приведены в таблице 4. Они указывают на то, что загрязнение почв нефтепромысловой сточной водой привело к резкому снижению продуктивности или к полной гибели яровой пшеницы. На тех частях загрязненной территории, где степень загрязнения, определенная по содержанию водорастворимого натрия, оценивалась как сильная и очень сильная растения полностью отсутствовали.

Лишь в одном случае, когда степень загрязнения почвы была оценена как средняя (место отбора пробы № 5), на загрязненном участке растения яровой пшеницы выжили и был получен урожай зерна и соломы. Урожайность зерна на этом месте равнялась 109 г/м², что в 2,92 раза ниже урожайности на незагрязненной почве (318 г/м²).

Урожайность соломы пшеницы на незагрязненной и загрязненной почве средней степени составила соответственно 384 и 192 г/м².

Продуктивность яровой пшеницы на загрязненном НСВ выщелоченном
черноземе

Показатели	Места отбора почвенных проб и снопиков						НСР ₀₅
	1	2	3	4	5	6 (контроль)	
Урожай зерна, г/м ²	0	0	0	0	109	318	16
Урожай соломы, г/м ²	0	0	0	0	192	384	24
<u>Солома</u> Зерно	-	-	-	-	1,76	1,21	-
Засоленность метрового слоя*, %	0,45 7	0,37 4	0,17 8	0,19 8	0,124	0,001	-

Прим.: * - содержание водорастворимого натрия.

Следовательно, под действием загрязнения почвы нефтепромысловой сточной водой урожайность соломы снизилась, по отношению к контролю, в 2,0 раза, то есть снижение урожайности соломы было заметно меньше, чем снижение урожайности зерна. В связи с этим на загрязненной НСВ почве произошло заметное расширение соотношения зерна к соломе: если на незагрязненной почве соотношение «солома: зерно» равнялось 1,21, то на загрязненной почве средней степени – 1,76. Завершая анализ материалов таблицы 4 можно указать, что в данном конкретном случае яровая пшеница выдержала содержание водорастворимого натрия в метровом слое выщелоченного чернозема до 0,124 %, а полная гибель растений яровой пшеницы обнаружилась при содержании водорастворимого натрия 0,178 %.

3.3 Агрохимические свойства загрязненного НСВ выщелоченного чернозема

Как уже указывалось выше, после определения водорастворимого натрия во всех индивидуальных пробах, для определения других агрохимических показателей метрового слоя загрязненной почвы, из пяти индивидуальных проб (точки отбора проб № 1-4) каждого слоя составлялся один смешанный образец. В этих смешанных образцах и пробах незагрязненной почвы определили емкость поглощения, содержание обменных катионов кальция, магния, натрия, калия, а также полный анализ состава водной вытяжки. Результаты этих анализов даны в таблице 5.

Прежде всего, под действием нефтепромысловых сточных вод произошло многократное увеличение концентрации почвенного раствора, на что красноречиво указывает резкое повышение содержания сухого остатка водной вытяжки во всех горизонтах метрового слоя. Средневзвешенное содержание водорастворимых солей в метровом слое равнялось 1,18 %, что почти в 15 раз превышает уровень фоновой почвы (0,08 %) и, согласно известной классификации природных солончаков (Классификация и диагностика почв СССР, 1977), соответствует очень сильной степени засоления. Такая оценка уровня загрязнения почвы по сумме водорастворимых солей вполне согласуется с оценкой, которую мы дали чуть раньше (см. раздел 3.1) по содержанию водорастворимого натрия. Средневзвешенная величина концентрации водорастворимого натрия в метровом слое почв, отобранных из точек № 1-4 как раз соответствует категории «очень сильное засоление», ибо равняется 0,302 %. Максимальное количество водорастворимых солей обнаружилось в слое 15-30 см. Ниже и выше этого горизонта засоленность падала. В слое 80-100 см содержание водорастворимых солей (0,64 %) оказалось в 2,5 раза ниже, чем в пахотном (0-30 см) горизонте (1,61 %).

Основные агрохимические свойства загрязненного НСВ
выщелоченного чернозема

Слой почвы, см	Сухой остаток, %	Емкость катионного обмена	в том числе				Степень солонце- ватости, %
			Ca	Mg	Na	K	
		ммоль /100 г почвы					
Незагрязненная почва							
0-15	0,08	41,8	34,2	5,1	1,3	0,5	3,1
15-30	0,09	41,1	33,1	5,2	1,3	0,5	3,2
30-45	0,07	39,5	30,9	5,6	1,2	0,6	3,0
45-60	0,08	32,3	24,2	5,4	1,1	0,5	3,4
60-80	0,07	31,0	22,5	6,1	0,9	0,4	2,9
80-100	0,08	28,7	20,8	5,9	0,7	0,4	2,4
Средние	0,08	35,7	27,6	5,6	1,1	0,5	3,0
Загрязненная почва (смешанный образец из точек № 1-4)							
0-15	1,46	42,2	23,1	7,5	9,7	1,6	23,0
15-30	1,75	42,0	21,2	7,2	10,4	2,0	24,8
30-45	1,57	40,3	20,4	7,6	9,4	1,8	23,3
45-60	0,88	33,6	17,8	8,0	5,8	1,1	17,3
60-80	0,76	29,5	16,5	7,3	4,1	0,9	13,9
80-100	0,64	29,0	16,4	6,8	3,6	0,8	12,4
Средние	1,18	36,1	19,2	7,4	7,2	1,4	19,1

Другая наиболее существенная особенность загрязненной почвы заключается в том, что под действием нефтепромысловых сточных вод произошло насыщение почвенно-поглощающего комплекса (ППК) обменным натрием, то есть солонцевание всего метрового слоя. Особенно резким ростом обменного натрия выделяются верхние горизонты загрязненного чернозема. Так, если в слое 60-100 см содержание поглощенного натрия равнялось 3,85, то в слоях 30-60 и 0-30 см соответственно 7,60 и 10,05 ммоль./100 г почвы. В связи с отмеченным, максимальная степень солонцеватости была характерна для пахотного горизонта. Степень солонцеватости, указывающая долю обменного натрия в емкости катионного обмена в процентах, верхнего 0-30 см слоя почвы, подлежащей химической мелиорации, составила 23,9 %. Эта величина

весьма высокая, так как безопасной считается лишь 5-10 % солонцеватость (таблица 6). Насыщение ППК обменным натрием сопровождалось заметным вытеснением кальция. В загрязненной почве увеличивалось также содержание обменного магния и, в целом, емкость катионного обмена.

Таблица 6

Оценка степени солонцеватости почвы по содержанию обменного натрия (% от емкости катионного обмена)
(Классификация и диагностика почв СССР, 1977)

Степень солонцеватости	Содержание обменного натрия	
	высоко-гумусные почвы*	мало-гумусные почвы**
Несолонцеватая	<5	<3
Слабая	5-10	3-5
Средняя	10,1-15	5,1-10
Сильная	15,1-20	10,1-15
Очень сильная	>20	>15

Прим.: * содержание гумуса в 0-30 см слое более 4 %;

** содержание гумуса в слое 0-30 см менее 4 %

Единственный положительный сдвиг, который обнаружился в загрязненной почве, заключается в заметном увеличении содержания обменного калия. Как видно, во всех слоях загрязненной почвы содержание этого абсолютно необходимого растениям питательного элемента возросло от 2,0 (80-100 см) до 4,0 (15-30 см) раза. Однако это обстоятельство, как и можно было ожидать, никак не могло оказать существенного положительного влияния на состояние растений при такой высокой степени засоления и солонцевания почвы.

Сопряженный анализ состава водной вытяжки загрязненной и фоновой почв, еще раз продемонстрирует высокую степень засоления всей метровой толщи загрязненного участка (таблица 7). Достаточно сравнить сумму

ионов в целом в 0-100 см слое двух почв: в загрязненной НСВ почве величина этого показателя возросла, по сравнению с фоновой почвой, более чем в 8 раз.

Как известно, для характеристики уровня засоления важно не только общее содержание солей, но и состав и соотношение катионов и анионов. В связи с этим приведем известную классификацию типов засоления, разработанных для природных засоленных почв (таблица 8).

На незагрязненной почве преобладающими среди анионов были хлор-ион и сульфат-ион, а среди катионов - максимальный удельный вес занимал кальций.

Загрязнение выщелоченного чернозема нефтепромысловой сточной водой коренным образом изменило состав и соотношение как катионов, так и анионов. Из всех составляющих водной вытяжки загрязненной почвы наиболее резко возросло количество хлора и, особенно, натрия. Так, по отношению к фоновой почве, в метровой толще средневзвешенное содержание хлора увеличилось примерно в 17 раз, а натрия - почти 26 раз. Загрязнение выщелоченного чернозема привело также к повышению концентрации других ионов водной вытяжки, хотя размеры его не были столь значительными. Например, содержание ионов HCO_3^- , K^+ и Ca^{++} в загрязненной почве увеличились в 1,5 – 2,6 раза, а Mg^{++} и SO_4^- . от 2,9 до 3,5 раза.

Таблица 7

Влияние загрязнения выщелоченного чернозема на состав водной вытяжки метрового слоя почвы (ммоль/кг почвы)

Слой почвы, см	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	Na	K	Сумма ионов
Незагрязненная почва								
0-15	0,50	6,25	8,43	9,66	1,00	4,12	0,38	30,36
15-30	1,70	5,70	7,54	9,47	0,90	4,25	0,32	29,88

30-45	2,30	6,20	6,50	9,78	1,10	3,86	0,26	30,00
45-60	1,60	6,20	7,86	9,97	1,40	4,07	0,22	32,32
60-80	2,50	6,70	8,17	11,83	1,40	3,92	0,22	34,74
80-100	3,00	6,20	7,63	12,00	1,25	3,35	0,23	33,66
0-100	2,02	6,21	7,69	10,45	1,18	3,93	0,27	31,83
Загрязненная почва (смешанный образец из точек № 1-4)								
0-15	2,55	138,88	30,42	25,16	2,74	143,17	0,78	343,70
15-30	2,85	166,90	33,54	29,05	2,35	171,27	0,62	406,58
30-45	3,15	124,38	27,56	30,27	3,96	120,29	0,57	310,18
45-60	4,05	79,22	32,00	33,72	3,87	77,19	0,49	230,54
60-80	3,05	60,99	21,97	26,51	5,00	53,92	0,58	172,02
80-100	2,65	46,79	17,63	21,03	2,74	42,93	0,37	134,14
0-100	3,05	102,86	27,19	27,62	3,44	101,46	0,57	266,19

Таблица 8

Определение типа засоления почвы по данным полного анализа водной вытяжки (Классификация и диагностика почв СССР, 1977)

По анионам	$\frac{Cl}{SO_4}$	$\frac{HCO_3}{Cl + SO_4}$	По катионам	$\frac{Na + K}{Ca + Mg}$	$\frac{Mg}{Ca}$
Хлоридный	> 2	-	Натриевый	> 2	-
Сульфатно-хлоридный	2-1	-	Магниево-натриевый	2-1	> 1
Хлоридно-сульфатный	1-0,2	-	Кальциево-натриевый	1-2	< 1
Сульфатный	< 0,2	-	Кальциево-магниевый	< 1	> 1
Содово-сульфатный	< 0,2	> 1	Магниево-кальциевый	< 1	< 1
Сульфатно-содовый	-	> 2			

Прим.: * содержание ионов в ммоль на 1 кг почвы.

Таблица 9

Тип засоления загрязненной НСВ почвы по соотношению ионов в метровом слое (ммоль./кг почвы)

Почва	$\frac{Cl}{SO_4}$	$\frac{HCO_3}{SO_4}$	$\frac{Na + K}{Ca + Mg}$	$\frac{Mg}{Ca}$	Тип
-------	-------------------	----------------------	--------------------------	-----------------	-----

	SO ₄	Cl + SO ₄	Ca + Mg	Ca	засоления
Незагрязненная	$\frac{6,21}{7,69} = 0,81$	$\frac{2,02}{13,90} = 0,15$	$\frac{4,20}{11,63} = 0,36$	$\frac{1,18}{10,48} = 0,11$	хлоридно-сульфатно-магниевый-кальциевый
Загрязненная	$\frac{102,86}{27,19} = 3,78$	$\frac{3,05}{130,05} = 0,02$	$\frac{102,03}{31,06} = 3,28$	$\frac{3,44}{27,62} = 0,12$	хлоридно-натриевый

Отмеченные изменения в составе почвенного раствора загрязненного выщелоченного чернозема существенным образом преобразили соотношение как катионов, так и анионов (таблица 9). Данные этой таблицы свидетельствуют о том, что фоновая почва по соотношению анионов относилась к хлоридно-сульфатному типу, а по соотношению катионов – магниевый-кальциевому. В результате загрязненная нефтепромысловой сточной водой тип засоления по анионам стал хлоридным, а по катионам – натриевым. Исходя из проникновения водорастворимых солей на глубину не менее одного метра, почву загрязненного участка следует отнести к глубокопрофильному солончаку.

3.4 Рекомендации по рекультивации почвы загрязненного участка

Согласно Руководящего Документа «Почвенно-агрохимическое обследование, прогноз самоочищения и технология рекультивации загрязненных нефтепромысловыми сточными водами почв», разработанного кафедрой агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ совместно с технологическим отделом борьбы с коррозией и охраны природы ОАО «Татнефть», технология рекультивации загрязненных НСВ земель должна включать следующие приемы: внесение химических мелиорантов, проведение комплекса влагонакопительных агроприемов и промывку пресной водой. Химическая мелиорация и влагонакопительная агротехника являются обязательными для всех рекультивируемых участков, а специальная промывка может их дополнить лишь в отдельных случаях.

3.4.1 Расчет норм химического мелиоранта

До последнего времени наиболее доступными химическими мелиорантами считались гипс и фосфогипс.

Исследования Гилязова М.Ю., Гайсина И.А., Маннанова З.Х. (2001) показали, что наряду с гипсом и фосфогипсом в качестве химического мелиоранта может быть использована элементарная сера, в том числе получаемая как побочный продукт при сероочистке попутного газа или сернистой нефти. Поэтому для рекультивации обследованного нами участка мы рекомендуем использовать именно серу, получаемую на установках сероочистки.

Сера может применяться в виде серной пасты или серного порошка. Серная паста, получаемая на установках окислительной сероочистки попутного газа раствором комплексоната железа по методике, разработанной сотрудниками института ВНИИУС, должна содержать влагу не более 30% и соответствовать требованиям ТУ-6-06-433-85. Для получения серного порошка из серной пасты требуется дополнительная фильтрация и сушка при температуре не выше 80⁰С. Влажность порошковой серы при этом не превышает 5 %. Порошковую серу можно так же получить путем механического размола отхода сероочистки сернистой нефти.

Как показали исследования нашей кафедры [Гилязов, Гайсин, 2009], допустимым содержанием обменного натрия в условиях Закамья РТ следует считать 10 % от емкости катионного обмена почвы, а для нормального роста и развития большинства сельскохозяйственных культур необходимо рассолонцевать 0-30 см слой почвы. Этими же исследованиями было установлено, что рассолонцовывающая способность серы примерно в 5 раз выше аналогичного действия гипса, поэтому расчетную норму внесения сухой серы без примесей ($N_{рас.}$) в т/га следует рассчитать по уравнению:

$$N_{рас.} = 0,016 \cdot (Na - 0,1 \cdot T) \cdot d \cdot h$$

где, Na - содержание обменного натрия в мелиорируемом слое, ммоль/100 г почвы;

0,1 – допустимое содержание обменного натрия в долях от емкости катионного обмена;

T - емкость катионного обмена почвы мелиорируемого слоя, ммоль/100 г почвы;

h - мощность (глубина) мелиорируемого слоя почвы, см;

d – плотность сложения мелиорируемого слоя, см.

Необходимые данные для расчета норм химического мелиоранта - величина емкости катионного обмена, содержание обменного натрия и степень солонцеватости мелиорируемого слоя почвы (0-30 см) загрязненного НСВ участка, приведены в таблице 10.

Таблица 10

Показатели загрязненного НСВ выщелоченного чернозема и серного порошка, необходимые для расчета нормы химического мелиоранта

Показатели	Единицы измерения	Значения
0-30 см слой почвы		
Емкость катионного обмена	ммоль./100 г	41,5
Содержание обменного натрия	ммоль./100 г	9,8
Степень солонцеватости	%	23,7 (очень сильная)
Плотность сложения почвы	г/см ³	1,27
Серный порошок		
Содержание действующего вещества	%	99,3
Массовая доля влаги	%	1,5
Массовая доля недеятельных частиц	%	1,0

Средневзвешенная емкость катионного обмена пахотного слоя загрязненной почвы равнялась 41,5 ммоль/100г, что чуть выше емкости

поглощения незагрязненной почвы (40,8 ммоль/100г). Среднее содержание обменного натрия в верхнем 0-30 см слое загрязненной почвы равнялось 9,8 ммоль/100 г, что оценивается как сильная степень солонцеватости, так как при этом степень солонцеватости составляет 23,7 %. Как было указано выше (см. таблицу 6), если высоко-гумусные почвы, куда следует отнести и изучаемый нами выщелоченный чернозем, содержат обменного натрия более 20 % от ЕКО, то они относятся к очень сильно солонцеватым. Плотность мелиорируемого слоя (0-30 см) загрязненной почвы, рассчитанная как средняя из мест отбора проб № 1-5, составила 1,27 г/см³.

С учетом вышеизложенного расчетная норма сухого серного порошка без примесей будет равна:

$$H_{рас.} = 0,016 \cdot (9,8 - 0,1 \cdot 41,5) \cdot 1,27 \cdot 30 = 3,44 \text{ т/га}$$

Фактическую норму ($H_{фак.}$, т/га) серного порошка следует рассчитать с учетом его влажности (В), содержания действующего вещества (П) и количества недействительных частиц (К) по уравнению:

$$H_{фак.} = \frac{H_{рас.} \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{П \cdot (100 - В) \cdot (100 - К)}$$

Если используемый для рекультивации серный порошок будет содержать 99,3 % действующего вещества, не более 1,5 % влаги и недействительных частиц 1 %, то фактическая норма внесения серного порошка составит:

$$H_{фак.} = \frac{3,44 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{99,3 \cdot (100 - 1,5) \cdot (100 - 1)} = 3,55 \approx 3,6 \text{ т/га}$$

3.4.2. Технология внесения химического мелиоранта

. Перед разбрасыванием химического мелиоранта поле необходимо подготовить: выравнять промоины, развальные борозды, устранить другие препятствия, мешающие нормальной работе агрегата, выбрать способ движения агрегата. Наиболее приемлемым способом движения агрегата в поле следует считать челночный.

Для транспортировки и внесения твердых химических мелиорантов можно использовать любые туковые машины для внесения твердых удобрений, как прежних лет выпуска (СТТ-10; НРУ-0,5; КСА-3; МХА-7; РМГ-4Б; РУМ-5; РУМ-8; РУМ-16), так и более современные их аналоги (МХ-850, МХ-1200, МХ-1600, МХ-3000, МХЛ-1200, МХЛ-1600, МХЛ-3000, МХЛ-5500, МХЛ-8200, RCW-3000, RCW-5500, RCW-8200) и другие. При малой площади участков, подлежащих мелиорации, возможно и ручное внесение химических мелиорантов. Машины РМГ-4Б; РУМ-5; СТТ-10 и РУМ-8 агрегируются с тракторами, оборудованными гидрофицированным крюком, выводами для подключения электрооборудования, а также приводом к тормозной системе. Для привода в действие рабочих органов машин СТТ-10, РУМ-5, РУМ-8 РУМ-16 и НРУ-0,5 необходимо, чтобы трактор имел вал отбора мощности, а для 1-РМГ-4Б – гидросистему.

В зависимости от наличия машины, расстояния доставки химического мелиоранта в поле, дозы внесения и других факторов рекомендуется использовать следующие технологические схемы работ агрегатов: прямоточная, перегрузочная и перевалочная.

Прямоточная схема включает операцию загрузки транспортно-технологической машины, транспортировку к месту внесения, распределение ее по поверхности поля и заделку в почву.

Перегрузочная схема отличается от прямоточной наличием дополнительной операции перегрузки мелиоранта из транспортного агрегата в технологический (полевой).

Перевалочная технология предусматривает внесение мелиоранта по схеме: склад – автосамосвал - перегрузочная площадка - машина для

внесения - поле.

Заделку химического мелиоранта в почву следует выполнить почвообрабатывающими машинами общего назначения. Лучшая заделка в почву получается при использовании плугов с почвоуглубителями, плугов с вырезными корпусами или плугов с предплужниками. При этом вспашка с оборотом пласта проводится примерно на 25-27 см, с углублением пахотного слоя еще на глубину около 10 см. Разрыв во времени между распределением и заделкой химического мелиоранта должен быть минимальным.

Подлежащий рекультивации участок следует оставить под чистый пар. В этом случае химический мелиорант может быть внесен в течение более продолжительного периода.

Успех химической мелиорации во многом зависит от равномерности внесения. Контроль за равномерностью внесения мелиоранта и за соблюдением норм внесения следует проводить согласно «Рекомендациям по определению качества внесения химических мелиорантов в почву» [33]. Отклонение фактической дозы от теоретической не должно превышать $\pm 10\%$, а неравномерность распределения мелиоранта по полю с учетом перекрытия смежных проходов, должна быть не более $\pm 25\%$.

3.4.3 Технология влагонакопительных агроприемов

Технология влагонакопительных мероприятий должна обеспечить максимальное впитывание влаги атмосферных осадков и талых вод, сокращение поверхностного стока, предохранение почвы от разрушения дождевыми каплями и от смыва ливневыми и талыми водами. Основными элементами влагонакопительной агротехники являются: снегозадержание и регулирование снеготаяния; глубокое рыхление; контурная, гребнистая, ступенчатая вспашка; лункование, щелевание, обвалование и бороздование; устройство микролиманов; кротование. Краткая характеристика, качественные показатели основных приемов обработки почвы,

рекомендуемых для рекультивируемого нами участка, а также необходимые сельскохозяйственные машины для их выполнения, приведены в таблице 11.

Краткая характеристика основных приемов влагонакопительной агротехники

Краткая характеристика агроприема	Качественные показатели работы	Состав агрегата		Сроки проведения работ
		марка трактора	марка с/х машины	
Глубокая обработка почвы				
Обработка почвы на глубину более 24 см с целью увеличения поглощения влаги почвой	Глубина обработки 25-30 см	Т-150	плуг ПЛП-6-35	август-сентябрь
Лункование				
Прием обработки почвы, обеспечивающий образование лунок на ее поверхности для задержания стока талых и ливневых вод	Глубина лунок 10-16 см, размеры (100-140) x (35-40) см	Т-150	луцильник ЛДГ-10	август-сентябрь
Снегозадержание				
Придание поверхности поля повышенной шероховатости, приводящей к ослаблению ветра в приземном слое атмосферы и тем самым отложению снега	Валы поперек господствующих ветров через 6 м	ДТ-75	снегопах-валкователь СВУ-2,6	ноябрь-март

3.5 Экономическая оценка эффективности рекомендуемых приемов восстановления плодородия загрязненного НСВ земельного участка

Восстановление плодородия почвы загрязненных земель (рекультивация) связана со значительными затратами, вследствие чего, вопрос оценки ее экономической эффективности является весьма важным. Основными показателями экономической оценки приемов рекультивации служат прирост производства продукции, улучшение ее качества, получаемый годовой экономический эффект и окупаемость затрат на рекультивацию.

В таблице 12 показаны расчеты экономической эффективности рекомендуемых приемов рекультивации. Результаты длительных полевых опытов кафедры агрохимии и почвоведения показали, что при рекомендованной дозе нефтяной серы положительное последствие рекультивации можно ожидать в течение 15 лет и суммарная прибавка от рекультивации за эти годы могут составить около 370 % от продуктивности незагрязненной почвы [Гилязов, Смирнов, 2014]. Следовательно, в данном конкретном случае дополнительный выход кормовых единиц от рекультивации за 15 лет может составить 15,06 т/га ($3,18 \text{ т/га} \cdot 1,28 \cdot 3,7$). Стоимость прибавки урожая от рекультивации рассчитали исходя из ориентировочной закупочной цены 1 ц овса в 2018. Согласно [<http://www.gks.ru/dbscripts/cbsd/DBInet.cgi>], в 2018 году по Республике Татарстан средняя цена реализации овса составила 5692 руб./т. Следовательно за 15 лет общая стоимость прибавки урожая может составить 85721,52 руб./га.

Общие затраты на рекультивацию за 15 лет включают следующие затраты на:

- транспортировку, хранение и внесения химического мелиоранта (серы);
- выполнение влагонакопительной агротехники (глубокая вспашка, лункование, снегозадержание);

- на уборку, доработку и реализацию дополнительной продукции.

Ориентировочный расчет прямых затрат на химическую мелиорацию и выполнение влагонакопительных агротехнических приемов приведен в таблице 12.

Таблица 12

Ориентировочные расчеты прямых затрат на химическую мелиорацию и влагонакопительную агротехнику загрязненного НСВ земельного участка

Затраты	Значение
Доза внесения молотой серы, т/га	3,6
Закупочная цена молотой серы, руб./т	7500
Стоимость молотой серы, руб./га	27000
Затраты на транспортировку и внесение серы в почву, руб./га	1080
Затраты на влагонакопительную агротехнику, руб./га	1470
Итого прямых затрат, руб./га	29550

Расчет ожидаемой экономической эффективности загрязненного НСВ земельного участка представлен в таблице 13. В основу данных расчетов положены основные положения «Временной типовой методики определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий...» [4].

Общие затраты на рекультивацию, уборку и реализацию прибавки урожая равняются 33836,08 руб./га, что более чем в 2,5 раза меньше стоимости прибавки урожая от рекультивации и поэтому условный чистый доход от рекультивации за 15 лет может составить 51885,44 руб./га.

Как видно, затраты на рекультивацию окупаются через 6 лет после выполнения приемов рекультивации.

Таблица 12

Расчет ожидаемой экономической эффективности загрязненного НСВ
земельного участка на территории ООО «Кичучат» Альметьевского района
Республики Татарстан

№ № п/п	Показатели	Единица измери я	Объем
1	Площадь рекультивируемого участка (S)	га	0,45
2	Прямые затраты на рекультивацию (q_1)	руб./га	29550,0 0
3	Ожидаемое последствие рекультивации (t)	лет	15
4	Ожидаемая прибавка урожая от рекультивации за t лет (n)	т./га корм. ед.	15,06
5	Стоимость прибавка урожая от рекультивации за t лет (M)	руб./га	85721,5 2
6	Затраты на уборку и реализацию прибавки урожая за t лет (q_2)	руб./га	4286,08
7	Общие затраты на рекультивацию, уборку и реализацию прибавки урожая (Q)	руб./га	33836,0 8
8	Условный чистый доход от ожидаемой прибавки урожая за t лет ($d = M - Q$)	руб./га	51885,4 4
9	Ожидаемый годовой эффект от рекультивации ($\Delta = d \cdot t$)	руб./га	3459,03
10	Ожидаемая окупаемость 1 рубля затрат на рекультивацию ($Z = M : Q$)	руб.	2,53
11	Ожидаемая рентабельность рекультивации ($R = [d : Q] \cdot 100$)	%	153
11	Ожидаемый срок окупаемости затрат на рекультивацию ($T = q_1 : [(M - q_2) : t]$)	лет	6 (5,44)
12	Ожидаемый чистый доход со всей рекультивируемой площади за t лет ($D = d \cdot s$)	руб.	23348,4 5

С учетом того, что положительное действие рекомендуемых приемов восстановления загрязненной почвы ожидается в течение 15 лет, уровень рентабельности рекомендуемых приемов рекультивации окажется

достаточно высокой – 153 % и окупаемость каждого рубля затрат на рекультивацию составит 2,53 руб.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Рациональное использование природных ресурсов и охрана природы являются важной формой взаимодействия человека, общества, природы. Чем

оно лучше, тем благоприятнее его воздействие как на жизнь и здоровье человека, общества, так и на состояние окружающей человека природной среды.

Основными производственными объектами современного нефтедобывающего предприятия являются эксплуатационные и нагнетательные скважины; сооружения для транспортировки нефти и газа; установки подготовки нефти, газа и воды; системы поддержания пластового давления. Любой из этих объектов является потенциальным источником загрязнения окружающей среды и, в первую очередь, почвы сырой нефтью и нефтепромысловыми сточными водами (НСВ). Среди различных типов нарушения земель в районах нефтедобычи наиболее губительными для почвенного покрова является загрязнение НСВ.

Попадание этих веществ в природную среду, строго говоря, не является обязательным и происходит вследствие несовершенства или нехватки оборудования, аварийных ситуаций, небрежности и т.д. Наиболее частой причиной загрязнения почв служат аварийные порывы трубопроводов, а также фонтанирование при испытании, ремонте скважин.

Важной характеристикой, позволяющей судить об агрессивности сточных вод к бетону и металлам, является содержание водорастворимых солей (минерализация), растворимых газов (H_2 , CO_2 , O_2 , H_2S , газообразные углеводороды, N_2 и т.д.), нефти, взвешенных частиц, поверхностно-активных веществ, вводимые для обезвоживания и обессоливания нефти, и величина pH.

Под действием НСВ интенсивному коррозионному разрушению подвергаются стальные трубопроводы, оборудование, арматура, насосы и колонны труб нагнетательных и поглощающих скважин. Срок службы трубопроводов без специальных мер защиты исчисляется 1,5-4 годами. В условиях Республики Татарстан особенно сильная коррозия проявляется в пластовой воде угленосных горизонтов. При этом срок службы водоводов обычно не превышает двух лет, а частота порывов в конце периода их

эксплуатации достигает 25-30 и более случаев на 1 км трубы в год. Лишь создание и внедрение в производство труб с антикоррозионными покрытиями позволяют резко снизить аварийность.

Вероятность загрязнения может быть в значительной степени уменьшена при использовании современной технологии эксплуатации скважин, промыслового оборудования, обработки и транспорта нефти и закачка нефтепромысловых сточных вод в поглощающие пласты.

По официальным данным в Республике в конце 80-х середине 90-х годов прошлого века ежегодно происходило от 5 до 10 тысяч аварий, в связи с чем ежегодно загрязнялось около 2-3 тыс. га земель. За последние годы благодаря серьезным природоохранным мероприятиям, проведенным в ОАО «Татнефть», аварийность на нефтепромыслах Татарстана резко уменьшилась. Несмотря на это десятки тысяч гектар загрязненных земель все же остаются бесплодными. Рекультивация этих земель позволила бы вернуть в сельскохозяйственный оборот значительные площади земель.

Мероприятия по охране окружающей среды, осуществляемые отечественной нефтяной отраслью, приносят ощутимые результаты. В частности, быстрыми темпами увеличиваются объемы очистки нефтепромысловых сточных вод.

В настоящее время проблема охраны окружающей среды перешла из научной в практическую, плоскость, так как результаты исследований широко внедряются в производство. В связи с этим возникла острая необходимость подготовки специалистов, способных осуществлять практические рекомендации науки по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов.

Рекомендуемые нами приемы восстановления плодородия почвы загрязненного нефтепромысловой сточной водой земельного участка следует считать наиболее экологически безопасной, так как в качестве таковых приемов используются испытанные временем и активно используемые в сельскохозяйственной практике способы обработки почвы. Так, обработка

почвы на глубину более 24 см проводится с целью увеличения поглощения почвой влаги и уменьшения опасности водной эрозии. Такой же цели направлено лункование почвы - прием обработки почвы, обеспечивающий образование лунок на ее поверхности для задержания стока талых и ливневых вод. Немаловажное значение имеет для сбережения влаги и такой прием как снегозадержание. Для этого на поверхности поля создают повышенную шероховатость, приводящей к ослаблению ветра в приземном слое атмосферы и тем самым отложению снега.

Рекомендуемый для вытеснения избыточного поглощенного натрия внесение в почву молотой серы так же следует считать экологически безопасным приемом мелиорации почвы, так как оно будет способствовать улучшению структуры почвы. Кроме того, сера, как абсолютно необходимый макроэлемент может оказать заметное положительное влияние на продуктивность многих сельскохозяйственных культур, особенно из семейств бобовых, лилейных и крестоцветных. Таким образом, восстановление плодородия загрязненных НСВ почв с использованием серы и влагонакопительной агротехники, позволит не только вернуть в сельскохозяйственный оборот значительные площади как в нашей республике, так и в других нефтедобывающих районах, но повысить продуктивность и качество урожая бобовых, лилейных и крестоцветных культур. В целом, восстановление плодородия загрязненных нефтепромысловыми сточными водами почв будет содействовать облагораживанию окружающей природы и обеспечить более безопасное обитание человека в производственной и непроизводственной среде. Все это, в конечном счете, приведет к улучшению охраны здоровья населения и повышению физической активности каждого человека.

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения научно-технического прогресса и производительности труда. Поэтому выпускник Казанского ГАУ, освоивший программы бакалавриата, должен обладать способностью использовать методы и средства физической

культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

Основным средством физической культуры являются физические упражнения, направленные на совершенствование жизненно важных сторон индивидуума, способствуя развитию его двигательных качеств, умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности. С этой целью используются следующие способы и методы по развитию физических способностей:

- ударные дозированные движения в вынужденных позах;
- выработка вращательных движений пальцев и кистей рук;
- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук;
- развитие ручной ловкости, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера;
- развитие силы и статической выносливости позных мышц спины, живота и разгибателей бедра;
- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

Занятия по физической культуре должны включать различные виды спорта, благодаря которым сохраняется здоровье человека, его психическое благополучие и совершенствуются физические способности. Таким образом, творческое использование физкультурно-спортивной деятельности направлено на достижение жизненно важных целей индивидуума и представляется важным фактором подъема производительности труда и саморазвития личности.

5 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почвенно-агрохимическое обследование загрязненного нефтепромысловой водой земельного участка показало, что под влиянием НСВ произошло одновременное засоление и осолонцевание почвы. Следствием этого стала полная гибель яровой пшеницы на подавляющей

части загрязненного участка. Лишь на периферии загрязненного участка, некоторые растения яровой пшеницы выжили, сильно отставали в росте, что в конечном счете привело к резкому снижению урожайности, особенно её генеративной части.

Для восстановления плодородия загрязненной НСВ почвы рекомендуем использовать наиболее экологически безопасные и относительно недорогие приемы химической мелиорации и влагонакопительной агротехники. На основе предыдущих исследований кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ, прогнозируемое положительное последствие указанных приемов составляет около 15 лет.

Полученные результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Загрязнение выщелоченного чернозема нефтепромысловой сточной водой привело к засолению, насыщению почвенно-поглощаемого комплекса почвы обменным натрием и тем самым превратило его в техногенный солонец-солончак.
 - 1.1. Средневзвешенное содержание водорастворимых солей в метровом слое равнялось 1,18 %, что более чем в 14 раз превышает уровень фоновой почвы и соответствует очень сильной степени засоления.
 - 1.2. Степень солонцеватости верхнего слоя почвы, подлежащего химической мелиорации, составила более 23 %, что почти в 12 раз превышает фоновый уровень.
 - 1.3. Загрязненная НСВ почва по типу засоления относится к хлоридно-натриевому глубокопрофильному солончаку.
2. Загрязнение почв нефтепромысловой сточной водой привело к резкому снижению продуктивности или к полной гибели растений: яровая пшеница выдержала содержание водорастворимого натрия в метровом слое выщелоченного чернозема до 0,124 %, а полная гибель пшеницы обнаружилась при концентрации водорастворимого натрия 0,185 %. На

загрязненной НСВ почве наблюдается заметное расширение соотношения зерна к соломе.

3. Для восстановления плодородия почвы загрязненного участка необходимо внесение химических мелиорантов и проведение комплекса агротехнических приемов, направленных на накопление и сохранение влаги.

3.1. В качестве химического мелиоранта рекомендуется использовать элементарную серу, получаемую как побочный продукт при сероочистке попутного газа или сернистой нефти. Фактическая норма внесения серного порошка, необходимая для рассолонцевания верхнего 30 см слоя обследованной почвы, составляет 3,6 т/га. Подлежащий рекультивации участок следует оставить под чистый пар. С учетом местоположения загрязненного участка и наличия туковысевающих машины в хозяйстве рекомендуется использовать прямоточную технологическую схему работ агрегатов в поле.

3.2. Для максимального сохранения и накопления влаги в почве, и тем самым для усиления рассоления почвы, рекомендуется проводить глубокую обработку почвы, лункование и снегозадержание.

4. Ориентировочные расчеты показывают, что затраты на рекультивацию рекомендуемым способом могут окупаться за 6 года и окупаемость каждого рубля затрат на рекультивацию составит 2,53 руб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беус А.А., Грабовская Л.И., Тихонова Н.В. Геохимия окружающей среды. - М.: Недра, 1976. - 248 с.
2. Васясин Г.И., Покровский В.А. Нефтяная промышленность, ее влияние на литогенную и биокостные составляющие экосистем, на

- минеральные и водные ресурсы // Зеленая книга. Под ред. Н.П. Торсуева. - Казань, Изд-во Казанского университета, 1993, - С.149-158.
3. Волобуев В.Р. Исследование солеотдачи почв методом промывки монолитов // Доклады АН Аз. ССР, т. 21, - Баку, 1996. - С. 5-14.
 4. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – М.: Экономика, 1986. – 96 с.
 5. Габбасова И.М., Абдурахманов Р.Ф., Хабиров И.К., Хазиев Ф.Х. Изменение свойств почв и состояния грунтовых вод при загрязнении нефтью и НСВ в Башкирии. //Почвоведение, 1997, № 11 - С. 1362-1372.
 6. Габбасова И.М., Хазиев Ф.Х., Хакимов В.Ю. Влияние нефтепромысловых сточных вод на свойства и биологическую активность чернозема типичного // Почвоведение, 2002, №1. – 93-99.
 7. Гайсин В.Ф., Панов Н.П., Гончарова Н.А., Горкавенко А.И. Влияние различных по природе и дозам химических мелиорантов на агрофизические свойства солонцов Заволжья // Тез. докл. VII делегат.съезда Всес. общества почвоведов. Ч.1. - Ташкент, 1985. - С.51.
 8. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. / С.Р. Крайнов, Б.Н. Рыженко, В.М. Швец; Отв. Ред. Академик Н.П. Лаверов - М: ЦентрЛитНефтеГаза, 2012. - 672 с.
 9. Гилязов М.Ю. Нарушение плодородия почвы при загрязнении нефтепромысловыми сточными водами и приемы их рекультивации: Автореферат дис... канд. с.-х. наук. - М., 1985. - 15 с.
 10. Гилязов М.Ю. Агроэкологическая характеристика нарушенных при нефтедобыче черноземов и приемы их рекультивации в условиях Закамья Татарстана: Автореферат дисс. докт. с.-х. наук. - Саратов, 1999.- 43 с.

11. Гилязов М.Ю., Гайсин И.А. Агроэкологическая характеристика нарушенных территорий нефтедобывающих районов Татарстана // Материалы 3-й Российской биогеохимической школы. - Новосибирск, 2000, - С. 202-203.
12. Гилязов М.Ю., Гайсин И.А., Маннанов З.Х. Восстановление плодородия загрязненных нефтепромысловыми сточными водами почв с использованием серы. // Актуальные проблемы развития прикладных исследований и пути повышения их эффективности в сельскохозяйственном производстве: Материалы Международной научно-практической конф. –Казань, 2001. – С. 249-250.
13. Гилязов М.Ю., Гайсин И.А. Техногенный галогенез в районах нефтедобычи. – М., 2009. – 422 с
14. Гилязов М.Ю., Смирнов А.А. Продолжительность действия химической мелиорации техногенных солонцов-солончаков Республики Татарстан на урожайность сельскохозяйственных культур // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства продукции сельского хозяйства. Материалы Международной научно-практической конференции. - Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2014. - С. 39-43.
15. ГОСТ 27593-88 Почвы. Термины и определения.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Изд. 5-е. - М.: Колос, 1985. - 416 с.
17. Ибрагимов С.К. Приемы промывки засоленных почв Прикаспийской низменности // Мелиор. и вод. х-во, 1990, № 9. - С.16.
18. Казанцева М.Н. Техногенное засоление земель тюменской области и его последствия для растительного покрова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8-4. – С. 150-150.
19. Кирюшин, В.И. Агрономическое почвоведение. – М.: КолосС, 2010. – 687 с.

20. Классификация и диагностика почв СССР. - М.: Колос, 1977. - 233 с.
21. Ковда В.А. Борьба с засолением почв // Борьба с засолением земель. - М., 1981. - С. 7-27.
22. Козловская Н.В. Изменения в растительном покрове при загрязнении почвы пластовыми минерализованными водами // Актуальные экологические проблемы РТ.: - Казань: Новое издание, 2000, - С. 54.
23. Кузнецов К.А., Кузнецов А.М., Корчагин А.П. Исследование причин повреждения технических устройств, возникших после длительной эксплуатации, инцидентов и аварий. Безопасность труда в промышленности. - № 4. - 2013. - С. 56 - 60.
24. Леднёв А.В. Изменение свойств дерново-подзолистых суглинистых почв под действием загрязнения продуктами нефтедобычи и приемы их рекультивации: автореф. дис.... д-ра с.-х. наук. Ижевск: Вят. гос. с.-х. акад., 2008. - 43 с.
25. Минеев, В. Г. Агрехимия. Учебник. - 2-ое изд., перераб. и доп. / В.Г. Минеев. - М.: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004. - 720 с.
26. Миронов Е.А. Закачка сточных вод нефтяных месторождений в продуктивные и поглощающие горизонты. - М.: Недра, 1976. - 168 с.
27. Мкртчян С.М. Интенсивность солеудаления при промывке содово-засоленных почв Армении // Мелиорация и вод. х-во, 1990, № 12. - С.23-24.
28. Орлов Д.С., Луганская И.А. Химическая мелиорация содово-засоленных почв поймы Нижнего Дона некоторыми промышленными отходами // Почвоведение, 1988, № 12. - С.10-20.
29. Пермякова Н.В., Козловская Н.В. Трансформация свойств почвы при загрязнении пластовыми минерализованными водами месторождений нефти // Актуальные экологические проблемы РТ. Казань: Новое издание, 2000. - С.115.
30. Пиковский Ю.И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах // Восстановление нефтезагрязненных

почвенных экосистем. - М.: Наука, 1988. - С.7-22.

- 31.Поскряков А. Н. Влияние загрязнения высокоминерализованными нефтепромысловыми сточными водами на свойства чернозёмов Предуралья. Диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Уфа, 2007 - 130 с.
- 32.Руководящий документ «Почвенно-агрохимическое обследование, прогноз самоочищения и технология рекультивации загрязненных нефтепромысловыми сточными водами почв». Составители: Гилязов М.Ю., Гайсин И.А., Магалимов А.Ф. – Альметьевск, 2000. - 72 с.
- 33.Рекомендациям по определению качества внесения химических мелиорантов в почву. - М.: Колос, 1982. – 45 с.
- 34.Саттаров У.Г. Защита природной среды - важная задача нефтяников Татарии // Нефтяное х-во, 1981, № 9. - С.26-28.
- 35.Солнцева Н.П. Формы засоления лесных почв в районах нефтедобычи // Новые области применения геохимических методов. - М., 1981. - С.38-62.
- 36.Солнцева Н. П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1998. - 376 с.
- 37.Солнцева Н.П. Эволюционные тренды почв в зоне техногенеза // Почвоведение, 2002, № 1. – С. 9-20.
- 38.Средние цены производителей сельскохозяйственной продукции, реализуемой сельскохозяйственными организациями [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/cbsd/DBInet.cgi>. Дата обращения 20.04.2019
- 39.Сулейманов Р. Р. Засоленные почвы естественных и агротехнических ландшафтов Южного Урала: автореф. дис.... д-ра биол. наук. Уфа: Башкир, гос. аграр. ун-т., 2010. - 45 с.
- 40.Сухарев Г.М. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений. - М: Недра, 1971. – 304 с.

41. Тахаутдинов Ш.Ф., Ибрагимов Н.Г. Разработка и обустройство крупных нефтяных месторождений с предотвращением техногенных экологических рисков // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан.- Казань: Новое Знание, 2000.- С.14-15.
42. Трофимов И.Т., Дергачева М.И. Последствия гипсования на некоторые свойства солонцов и урожайность полевых культур в Алтайском крае // Продуктивность с/х культур на засол. почвах Зап. Сибири. - Омск, 1982. - С.55-66.
43. Федорина В.М., Максимова А.И. Использование солонцовых почв в Саратовском Заволжье // Мелиор. и вод. х-во, 1993, № 1. - С. 35-37.
44. Фоминых Д.Е. Способы рекультивации засоленных почв нефтяных месторождений Западной Сибири // Материалы IX Всероссийской научной конференции с международным участием «Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель», Екатеринбург, 2012, С. 274–272.
45. Фоминых Д.Е. Техногенное засоление почв как геоэкологический фактор при разработке нефтяных месторождений Среднего Приобья: Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук. – Томск, 2013.
46. Хакимов В.Ю. Изменение свойств почв при загрязнении нефтепромысловыми сточными водами и в процессе рекультивации в Предуралье Республики Башкортостан: Автореферат дисс. канд. с.-х. наук. - Уфа, 2000.- 24 с.
47. Ягодин, Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко / Под редакцией Б.А. Ягодина.– М.: Колос, 2003.– 584 с.
48. Harris T A., Tapp J. B., Sublette K. L. // Remediation drainage system and hay. Environmental Geosciences. 2005. N 12. P. 101-113.

Приложение 1

Дисперсионный анализ данных по влиянию загрязнения
выщелоченного чернозема нефтепромысловой сточной водой на
урожайность зерна яровой пшеницы, г/м² (2018 год)

Номера мест отбора снопика	Повторения			Сумма, V	Среднее
	I	II	III		
6 (незагрязненная почва)	305	326	324	955	318
1 (загрязненная почва)	0	0	0	0	0
2(загрязненная почва)	0	0	0	0	0

3 (загрязненная почва)	0	0	0	0	0
4 (загрязненная почва)	0	0	0	0	0
5 (загрязненная почва)	125	94	109	328	109
Сумма, Р	430	420	433	1283	71,3

$$N = 18$$

$$C = (1283)^2 : 18 = 91449,388$$

$$C_Y = 340619 - C = 249169,62$$

$$C_V = 1019609 : 3 - C = 248420,28$$

$$C_P = 548789 : 6 - C = 15,445$$

$$C_Z = 733,9$$

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F _φ	F ₀₅
Общая	249169,62	17	-	-	-
Повторений	15,445	2	-	-	-
Вариантов	248420,28	5	49684,056	676,9	4,10
Остаток	733,9	10	73,39	-	-

$$S_d = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 73,39}{3}} = 6,9947598$$

$$HCP_{05} = 2,23 \cdot 6,9947598 = 15,598314 \approx 16 \text{ (г/м}^2\text{)}.$$

Приложение 2

Дисперсионный анализ данных по влиянию загрязнения выщелоченного чернозема нефтепромысловой сточной водой на урожайность соломы яровой пшеницы, г/м² (2018 год)

Номера мест отбора снопика	Повторения			Сумма, V	Среднее
	I	II	III		
6 (незагрязненная почва)	358	402	393	1153	384
1 (загрязненная почва)	0	0	0	0	0

2(загрязненная почва)	0	0	0	0	0
3 (загрязненная почва)	0	0	0	0	0
4 (загрязненная почва)	0	0	0	0	0
5 (загрязненная почва)	190	172	213	575	192
Сумма, Р	548	574	606	1728	96

$$N = 18$$

$$C = (1728)^2 : 18 = 165888$$

$$C_Y = 555270 - C = 389382$$

$$C_V = 1660034 : 3 - C = 387456,66$$

$$C_P = 997016 : 6 - C = 281,33$$

$$C_Z = 1644,01$$

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F _ф	F ₀₅
Общая	389382,00	17	-	-	-
Повторений	281,33	2	-	-	-
Вариантов	387456,66	5	77485,332	471,3	4,10
Остаток	1644,01	10	164,401	-	-

$$Sd = \sqrt{\frac{2 \times 164,401}{3}} \approx 10,469033$$

$$HCP_{05} = 2,23 \cdot 10,469033 = 23,345943 \approx 24 \text{ (г/м}^2\text{)}.$$