

**Муниципальное бюджетное образовательное учреждение  
«Средняя общеобразовательная школа №23 с. Новозаведенного»  
Георгиевского городского округа Ставропольского края**

**Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей  
среды имени Б.В. Всесвятского**

**Номинация: «Ландшафтная экология и почвоведение»**

**Тема: Биологическая активность почв водоохранной зоны реки Кума**

**Автор работы:** Цукуров Дмитрий Витальевич,  
9 класс, МБОУ СОШ №23 с. Новозаведенное  
**Руководитель:** Писаренко Надежда Ивановна,  
учитель биологии МБОУ СОШ №23

**Оглавление**

Введение	3
1.Характеристика района исследования	4
2.Методика исследований	5
3.Результаты исследований	8
4.Выводы	18
5.Список использованной литературы	19
Приложение	21

## Введение

Для предотвращения любого загрязнения, засорения, истощения и в целом поддержания водных объектов в надлежащем состоянии, а также сохранения фауны и флоры водоемов, устанавливаются водоохранные зоны. Их преимущественная роль не только в регулировании поверхностного стока с окружающей территории, но и рекреационная функция. Водоохранная зона р. Кума установлена в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 10 января 2009 г. N 17 «Об утверждении Правил установления на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов» и Постановления Правительства Ставропольского края от 5 мая 2015 года N 187-п «Об утверждении перечней водных объектов, подлежащих региональному государственному надзору в области использования и охраны водных объектов», и составляет 200 м (рис. 1. Приложение 1). Водоохранной зоной реки Кума является территория, примыкающая к акватории реки, на которой устанавливается специальный режим хозяйственной деятельности с целью предотвращения загрязнения, засорения, заиления и истощения реки, а также сохранения среды обитания животного и растительного мира. Соблюдение специального режима является составной частью комплекса природоохранных мер по улучшению экологического состояния реки Кума и благоустройству её прибрежных территорий (Постановление Правительства РФ..., 2009). Почвенные биосистемы водоохранных зон в пределах населенных пунктов подвергаются существенным структурным преобразованиям и это выражается, прежде всего, в изменении их биологической активности (Гельцер, 1990). Поэтому особое внимание необходимо обратить на один из показателей биохимических свойств почвы – ферментативную активность, и ее взаимосвязь с загрязнением и изменением почвенной биоты под воздействием негативных экологических процессов, происходящих в почве (Крамаренко, 2003).

Вопрос изучения биологической активности почвы водоохранной зоны реки Кума в Георгиевском районе довольно актуален, так как исследования почв по их ферментативной активности не проводились, а именно эти процессы отражают состояние плодородия и влияние уровня антропогенной нагрузки на почву. Ферментативная активность является одним из важных контролируемых показателей почвы, позволяющий заметить негативные изменения на начальных стадиях, позволяет оценить активность почвообразовательных процессов. Почвенные ферменты синтезируются различными микроорганизмами, их активность тесно связана с показателями общей биологической активности почвы. Чем выше ферментативная активность почв, тем меньшее антропогенное воздействие они испытывают, чем ниже ферментативная активность почв, тем больше антропогенный пресс (Ямашкин и др., 2004).

**Цель работы:** изучение актуальной биологической активности почвы водоохранной зоны реки Кума.

**Задачи:**

1. Определить ферментативную активность почвы на пробных участках.
2. Установить особенности сезонной динамики ферментативной активности.
3. Оценить биологическую активность почв водоохранной зоны по интегральному показателю биологического состояния.

**Объект исследования:** почвы водоохранной зоны р. Кума.

**Предмет исследования:** ферментативная активность почвы.

**Практическая значимость.** Данные, полученные в результате исследований ферментативной активности почв водоохранной зоны р. Кума, могут быть использованы при мониторинге и биодиагностике состояния почвы водоохранной зоны рек, при оценке степени антропогенного воздействия на почву, а также в природоохранных мероприятиях по улучшению и сохранению почв водоохранной зоны.

### 1. Характеристика района исследования

Река Кума является второй по величине рекой Северного Кавказа протекает в юго-восточной части Ставропольского края, и принадлежит бассейну Каспийского моря, относится к категории средних рек: площадь бассейна - 33 500 км<sup>2</sup>, длина - 802 км. Она берёт своё начало под горой Кум-Баши в Скалистом хребте на высоте 2100 м над уровнем моря. Река имеет в основном снеговое и дождевое питание. Река Кума является главным водотоком Георгиевского района, испытывающим значительное антропогенное влияние. Основные притоки: правые – Подкумок, Золка, Дарья, левые – Томузловка, Сухой и Мокрый Карамыки, Сухая Буйвола. Верховья Кумы и её притоки Подкумок и Золка имеют характер горных рек, но у города Минеральные Воды р. Кума уже типичная степная река с извилистым руслом с обрывистыми берегами. Воды р. Кумы отличаются большой мутностью. Они используются для орошения (Терско-Кумский и Кумо-Манычский каналы). Сток в среднем и нижнем течении зарегулирован Отказненским водохранилищем (у села Отказное). Ширина реки 15-20 м. Извилистое русло обрамлено обширными террасами высотой до 15 м, вода р. Кумы имеет высокую мутность и несет много взвешенного материала (у с. Новозаведенного в среднем около 670 тысяч тонн в год, скорость течения 0,5 – 1,5 м/с, рН 6-7. Частые разливы и перемещение такого количества взвешенных веществ, несомненно, весьма значимо в формировании высокоплодородных пойменных почв долины реки (Мишвелов, 2022). В бассейн р. Кума поступает загрязняющих веществ около 57% от всей массы загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты края. По данным аналитического контроля в реке наблюдается загрязнение нитритами (5,9-6,5 ПДК), нефтепродуктами (2,4-5,8 ПДК), тяжелыми металлами медью (2-8 ПДК), марганцем (5-13 ПДК), железом (4,2 ПДК) (О состоянии окружающей...2022г.). Сравнительный анализ гидрохимических данных за 2022 г. по бассейну реки Кума показал, что в створах р. Кумы отмечается ухудшение качества вод и переход из IV категории качества в V (Доклад о состоянии, 2023).

По агроклиматическому районированию границы села Новозаведенного, в окрестностях которого проводились исследования, расположены в агроклиматической зоне рискованного земледелия, в третьей зоне недостаточного увлажнения. Гидротермический коэффициент 0,9 - 1,1. За год выпадает 450 - 476мм осадков. Относительно высокая температура воздуха ведет к усиленной испаряемости, которая превышает величину выпадающих осадков. В результате происходит увеличение испарения почвенной влаги. Климат данной местности умеренно – континентальный, лето жаркое, средняя температура июля +26°С, максимальная температура июля +42°С. Зимы малоснежные, средняя, температура января - 4°С, минимальная температура января -32°С. Преобладают восточные, северо-восточные и западные ветры, восточные ветры, главным образом летние, приносят с собой сухость, а западные ветры отличаются влажностью и приносят осадки. Ветры иссушают верхние слои почв и способствуют усилению испарению влаги из нижних горизонтов почвы (Природно-климатический очерк, 2020).

В пойме р. Кума залегают аллювиальные луговые суглинистые почвы на аллювиальных легко- и среднесуглинистых отложениях (Атлас земель..., 200). Питание реки главным образом снеговое и дождевое. Наличие этих двух зон формирования стока повлияло на особенности водного режима реки. Ледовые явления на Куме начинаются в основном с 12 по 15 декабря. Ледостав же приходится на 9-18 января. Иногда река замерзает и раньше. Снеготаяние в степях вызывает ежегодно весеннее половодье, продолжающееся от трех до четырех месяцев. За это время река проносит в среднем до 56 процентов годового стока, в некоторые годы - до 85. Обильные дожди предгорий заметно влияют на величину паводка. Наиболее продолжительный паводок зарегистрирован в 1980 году. Он продолжался с 27 июля по 15 августа в с. Новозаведенном. (Мишвелов, 2022)

## **2.Методика исследований**

Изучение ферментативной активности почвы водоохранной зоны р. Кума проводили с сентября 2022 года по август 2023 года, так как ферментативная активность изменяется по сезонам года, что связано с изменением температуры и осадками. Благодаря тому, что пробы с учетных площадей брались в сезонной динамике, это позволило проследить переменные параметры ферментативной активности. Рельеф реки в месте проведения исследований ровный, понижающийся к югу и юго-западу к руслу реки. Территория сложена современными (голоценовыми) аллювиальными песчано-глинистыми и илистыми отложениями реки Кумы (Мишвелов, 2022). Исследования проводили в среднем течении левобережной части р. Кумы на трех участках (рис. 1). На каждом участке закладку и отбор проб проводили на расстоянии 30м, 100м и 200м от берега русла реки Кума.

Участок №1 GPS координаты 44° 15' 27"; 43° 38' 13". На участке у берега произрастает древесно-кустарниковая растительность: ива козья (*Salix caprea* L.), тамарикс ветвистый (*Tamarix ramosissima* Ledeb.), аморфа

кустарниковая (*Amorpha fruticosa* L., тополь белый (*Populus alba* L.) на расстоянии 50 м от берега заброшенное сельскохозяйственное поле. Среди разнотравья присутствует злаки.

Участок №2 GPS координаты 44° 15' 16"; 43° 37' 59". На участке обедненный травянистый покров, состоящий из злаков и разнотравья. Доминирующими видами являются пырей ползучий (*Elitrygia repens* (L.) Nevski), овсяница полевая (*Festuca pratensis* Huds.), встречается цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.). Растительный покров участка - злаково-полынная степь подвержен влиянию неконтролируемого пастбищного использования. От уреза воды берег поднимается на 2 м. Высота травостоя до 50 см, используется как сенокос.

Участок №3 GPS координаты 44° 15' 18"; 43° 37' 50". На участке ведется несанкционированная добыча гравия жителями села, травянистый покров скудный произрастают подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), лопух, конский щавель. Очень редко встречаются кустарники тамарикс ветвистый (*Tamarix ramosissima* Ledeb.) и лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia* L.).



Рис.1. Карта-схема района исследований

Оценка ферментативной активности почв проводилась по показателям целлюлозолитической, протеазной и уреазной активности. Целлюлозолитическая активность почвы определялась методом аппликации льняного полотна, предложенным Е.Н. Мишустинным, И.С. Востровой, А.Н. Петровой (1963; 1968,) в течение 30 суток. Целлюлазную активность выражали в % и рассчитывали по изменению массы образцов тканей от исходной массы после инкубирования. Для оценки целлюлозолитической

активности почвы использовали шкалу Д.Г. Звягинцева (процент разложившегося полотна): очень слабая — менее 10 %, слабая — 10–30 %, средняя — 30–50 %, сильная — 50–80 %, очень сильная — более 80 % (1987).

Протеолитическая активность почвы определялась аппликационным методом автографии, предложенным Е. Н. Мишустинным, Д. И. Никитиным, И. В. Востровым (1971) и основанном на микробиологическом расщеплении желатины, имеющейся в эмульсионном слое рентгеновской пленки в течение 3 суток. Льяную ткань и рентгеновскую пленку закладывали на глубину 7 см. Для определения уреазной активности почвы использован экспресс-метод Т.В. Аристовской, М.В. Чугуновой (Аристовская, 1989), согласно которому учитывается время и скорость распада мочевины с образованием аммиака в исследуемых почвах. Время экспозиции чашек зависит от биологической активности почв и находится экспериментально. Отбор проб почвы для определения уреазной активности производился в соответствии с требованиями ГОСТ (Апах, глубина 0–20 см) методом конверта (ГОСТ 28168-89, 1990). Определение показателя рН почвы проводили с помощью универсальной индикаторной бумаги, классификация почв по кислотности определялась в соответствии со шкалой где: рН < 4.0 – очень сильнокислая; рН 4.1–4.5 – сильнокислая; рН 4.6–5.0 – среднекислая; рН 5.1–5.5 – слабокислая; рН 5.6–6.0 – близкая к нейтральной; рН 6.1–7.1 – нейтральная; рН 7.2–7.5 – слабощелочная (Гельцер, 1990). Содержание органических веществ в почве определяли методом прокаливания до постоянной массы (Методы определения ..., 2019) Влажность почвы определяли, как разницу веса влажной и сухой почвы и выражали в %. Почву высушивали в течение 6 ч в металлических бюксах при температуре 100–105 °С до постоянного веса.

Для получения общих выводов о биологической активности и эколого-биологическом состоянии почвы недостаточно какого-либо одного показателя, так как каждый из них отражает лишь какую-то одну сторону биологических процессов в почве. Поэтому мы использовали методику определения интегрального показателя биологического состояния почвы (ИПБС) (Казеев, 1996, 2003; Вальков, Казеев, Колесников, 1999, 2000), который рассчитывали на основе полученных показателей ферментативной активности почвы водоохранной зоны. ИПБС отражает степень нарушения экофункций почвы и её биологической активности в результате антропогенного воздействия. Для этого в выборке максимальное значение каждого из показателей принимается за 100 % и по отношению к нему в процентах выражается значение этого же показателя в остальных образцах:

$$B_1 = (B_x / B_{\max}) \times 100, \quad (1)$$

где — относительный балл показателя, — фактическое значение показателя, — максимальное значение показателя. После этого, суммируются уже относительные значения многих показателей. Их абсолютные значения суммированы быть не могут, так как имеют разные единицы измерения:

$$B_{\text{ср.}} = (B_1 + B_2 + B_3 \dots + B_n) / N,$$

где - средний балл, рассчитанный по нескольким показателям; N - число показателей. Далее аналогично формуле (1) рассчитывается интегральный показатель биологического состояния почвы:

$$\text{ИПБС} = (B_{\text{ср.}} / B_{\text{ср. макс}}) \times 100,$$

где B<sub>ср.</sub> - средний балл, рассчитанный по нескольким показателям; - максимальный оценочный балл всех показателей. Если значения ИПБС уменьшились менее чем на 5 %, то почва выполняет свои экологические функции нормально, при снижении значений ИПБС на 5-10% происходит нарушение информационных экофункций, на 10-25 % — биохимических, физико-химических, химических и целостных, более чем на 25 % — физических (Колесников и др., 2013).

На биологическую активность почвы оказывает влияние температура и влажность. Наиболее интенсивно ферментативная активность почвенных микроорганизмов происходит при оптимальной влажности почвы (60...80% от полной влагоемкости) и температуре (20-25<sup>0</sup>С). При увеличении влажности и температуры или их снижении уменьшается ферментативная активность микроорганизмов почвы (Галстян, 1978). Период проведения исследований (с октября 2022 г. по август 2023г включительно) характеризовался различными гидротермическими условиями таблица 1.

Таблица 1

Гидротермические условия в период проведения исследований

Климатические параметры		2022 год			2023 год							
		октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август
t, <sup>0</sup> С	min	+10	-3	-10	-15	-17	-3	-2	+8	+10	+14	+20
	max	+29	+20	+13	+17	+22	+20	+24	+33	+35	+38	+41
	средняя	+16	+10	+3	+5,5	+3	+13	+14	+20	+25	+28	+35
Осадки, мм	Всего за месяц	15	27	25	6	26	86	26	86	115	49	0

Фотографии, сделанные во время проведения исследования представлены в приложении 1 рис. 1-11.

### 3. Результаты исследований

Почвенный покров исследуемых участков поймы р. Кума представлен аллювиальными почвами, которые характеризуются преобладанием в составе гумуса гуминовых кислот, связанных с кальцием, нейтральной и близкой к ней реакцией верхних горизонтов и насыщенностью почв основаниями (Купреченков, 2002). Уровень рН является фундаментальным показателем, определяющим концентрацию растворимых и доступных для растений

элементов. В результате исследований установлено, что содержание гумуса на участке 1 составляет 3,2%, на участке 2-2,4%, на участке 3- 1,5%. Актуальная кислотность почвы на участках изменяется в пределах от 5 (слабокислая) до 6 (близкая к нейтральной) единиц.

Таблица 2

## Характеристика почвы исследуемых участков

Участок	Механический состав	Гумус, %	pH
1	 <p>Тяжелосуглинистый. Образует длинный жгут, при сгибании в кольцо которого образуются трещины</p>	3,2	
2	 <p>Среднесуглинистый. Образует сплошной жгут, который при сгибании в кольцо разламывается</p>	2,4	
3	 <p>Среднесуглинистый. Образует сплошной жгут, который при сгибании в кольцо разламывается</p>	1,5	

Главным показателем биологической активности почвы является целлюлазная активность, которая в свою очередь зависит от количества разрушающих целлюлозу микроорганизмов (Джанаев, 2008). Целлюлозоразрушающие микроорганизмы осуществляют минерализацию клетчатки растительных остатков и принимают участие в гумификации органического вещества в почвах, что, в конечном итоге, определяет уровень почвенного плодородия и продуктивность биоты (Звягинцев, 1980). На целлюлазную активность почвы оказывают существенное влияние тип почвы, кислотность, влажность, состав почвы, загрязненность. Целлюлазная активность зависит также от типа растительности, рельефа местности и условий географической среды (Гельцер, 1990). Нами проведено исследование актуальной целлюлозоразрушающей активности по степени разложения хлопчатобумажной ткани. Сравнительная оценка средних показателей целлюлазной активности почв на расстоянии от 30м до 200м от реки показала, что за период проведения исследований в естественных условиях разложению подвергалось от 23% до 36,1% льняного полотна. По шкале Звягинцева (Звягинцев, 1980) на расстоянии 30м и 100м целлюлозолитическая активность почвы по интенсивности разрушения

клетчатки оценивается как средняя, на расстоянии 200м слабая (рис.2). За период исследования интенсивность разрушения целлюлозы на всех участках оценивается как средняя 31,4%.

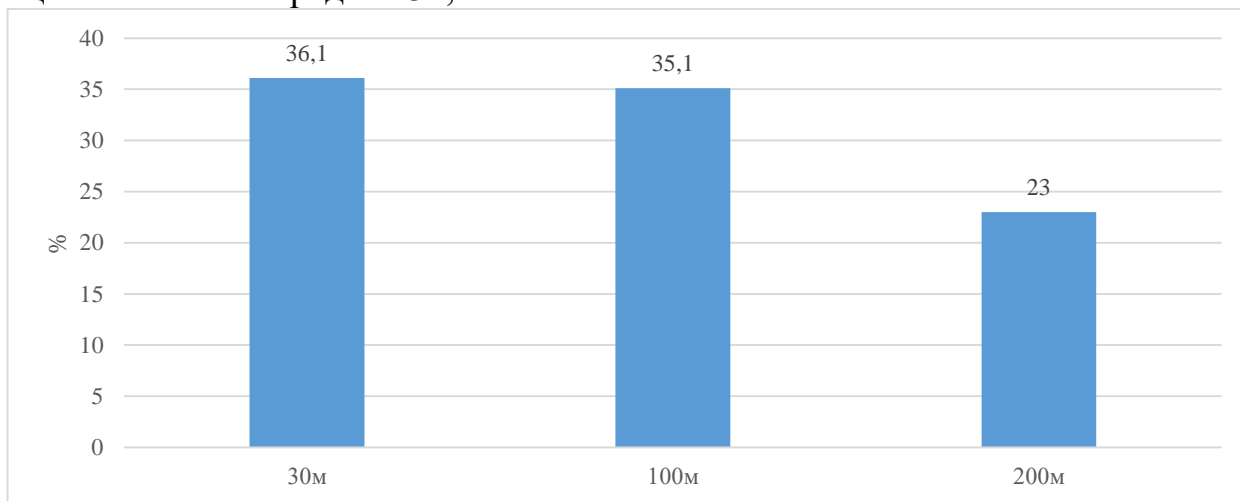


Рис.2. Сравнительная оценка целлюлазной активности почв на участках водоохранной зоны на расстоянии 30 м, 100м, 200м от р. Кума

Анализ полученных результатов выявил, что целлюлазная активность почв, исследуемых участков водоохранной зоны р. Кума существенно отличается (рис.3).

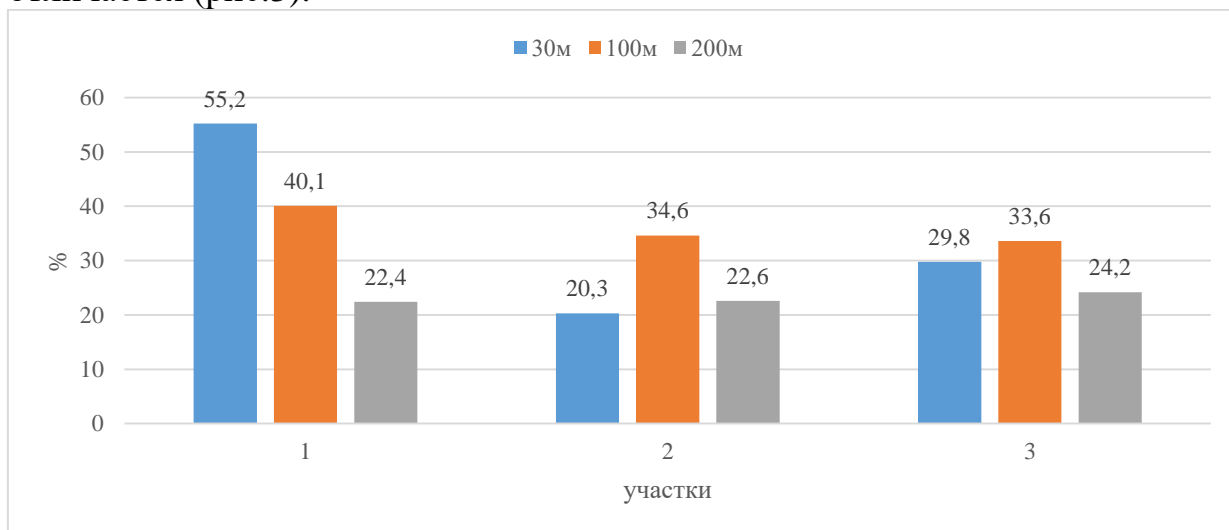


Рис. 3. Средние показатели целлюлазной активности ферментов на участках водоохранной зоны р. Кума

На участке 1 наибольшая целлюлазная активность 55,2% отмечена на расстоянии 30м от реки, затем на расстоянии 100м она снижается до 40,1% и на расстоянии 200м составляет 22,4%. Следовательно, на этом участке изменение активности микроорганизмов, разрушающих целлюлозу происходит по мере удаления от реки. На участке 2 наибольшая целлюлазная активность 34,6% отмечена на расстоянии 100м от реки. Показатели целлюлазной активности на расстоянии 30м и 200м составляют 20,3% и 22,6% соответственно. На участке 3 наиболее активно деятельность микроорганизмов, разрушающих целлюлозу происходит на расстоянии 100м

и составляет 33,6%, по мере удаления от берега она уменьшается и на расстоянии 30м и 200м составляет 29,8% и 24,2% соответственно. Необходимо отметить, что на участке 1 активность микроорганизмов, разрушающих целлюлозу, происходит более интенсивно на расстоянии 30м, тогда как на участках 2 и 3 на расстоянии 100м. На расстоянии 200м на всех участках показатели целлюлазной активности изменяются незначительно в пределах от 22,4% до 24,6%. Согласно шкале Звягинцева (Звягинцев, 1980) на участке 1 актуальная целлюлозолитическая активность характеризуется как сильная, средняя и слабая. На участках 2 и 3 она оценивается как слабая и средняя.

Используемый нами метод определения актуальной целлюлозоразрушающей активности по степени разложения хлопчатобумажной ткани хорошо подходит для изучения сезонной и годовой активности микроорганизмов, разрушающих целлюлозу. Известно, что целлюлозолитическая активность микроорганизмов подвержена сезонным колебаниям и зависит в первую очередь от температуры и влажности. Оптимальной температурой для активности ферментов в почвах является 50-60°C, выше и ниже которых активность снижается. Наиболее благоприятные гидротермические условия создаются при сочетании температуры 20-30° и влажности 40-60 % от полной влагоемкости (Хазиев, 1982).

Для выявления влияния этих факторов на сезонную динамику активности микроорганизмов, разрушающих целлюлозу, были выбраны три одинаковых по продолжительности, но контрастных по гидротермическим условиям периода: прохладный и влажный (октябрь 2022 — январь 2023 г.), теплый и умеренно влажный (февраль 2023 — май 2023 г.), жаркий и сухой (июнь 2023 — август 2023 г.). На участке 1 максимум разложения целлюлозы наблюдается в весенний период в марте 65,9%, в летний в августе 72%. Минимальные показатели отмечены в январе 4,7% (рис.4). На участке 2 максимальная целлюлозолитическая активность микроорганизмов наблюдается весной в марте и мае 34% и 34,2% соответственно, летом в июле 35,8%. Минимальные показатели целлюлазной активности на участках 1 и 2 отмечены в зимний период в январе 4,7% и феврале 5,3%, на участке 3 в мае 24,7%.

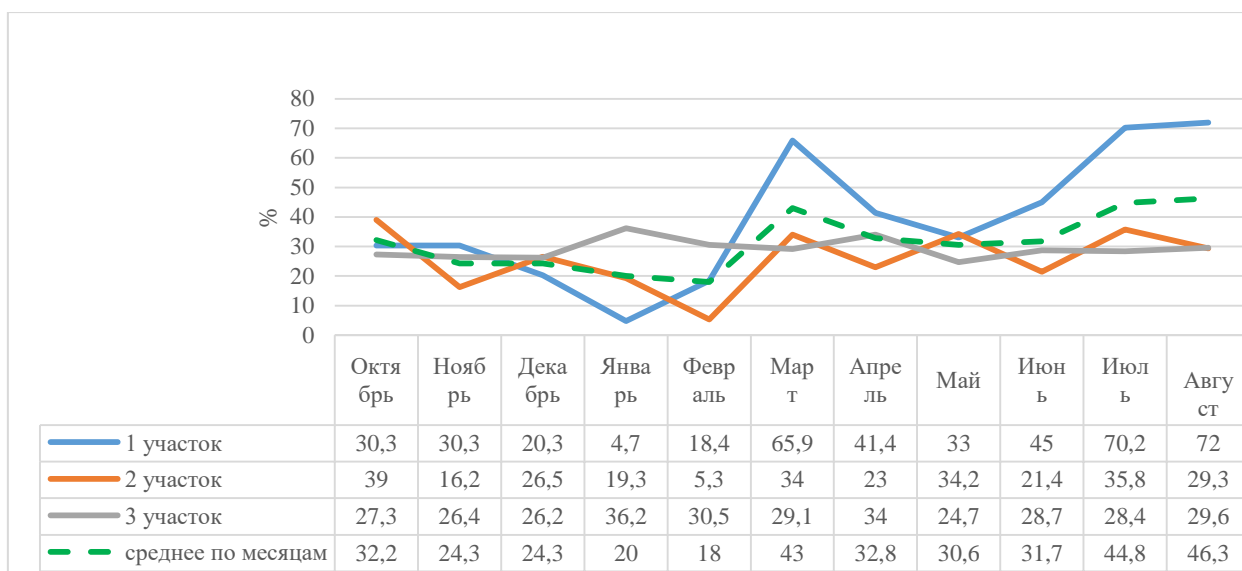


Рис. 4. Сезонная динамика целлюлазной активности ферментов водоохранной зоны р. Кума

Повышение средних показателей целлюлозолитической активности почв на всех участках наблюдается осенью в октябре 32,2%, весной в марте 43%, летом в августе 46,3%. Подъем целлюлозолитической активности почв в эти периоды, вероятно, связан с наиболее благоприятными гидротермическими показателями, которые способствуют деятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов (Вальков, 1999). Низкая интенсивность разложения целлюлозы отмечена на участках в феврале 18%, что связано с низкими температурами атмосферного воздуха, в данных условиях наиболее активны аэробные целлюлозоразрушающие бактерии, они запускают процесс органического распада в поверхностном слое почвы после длительного зимнего перерыва (Хазиев 1990.). Средний показатель целлюлазной активности почвы за осенний период составил 28,2%, за зимний 20,7%, за весенний 35,4%, за летний 40,9%. В целом средний показатель целлюлазной активности почвы за весь период исследования составил 36,1%. Мы выяснили, показатель целлюлазной активности почвы имеет прямую зависимость от гидротермических условий.

Протеазная активность – один из интегральных показателей общей биологической активности почвы, ее потенциальная способность разлагать белки, является показателем биологического состояния почвы, ее плодородия. Протеазная активность почв характеризует первый этап минерализации органики – интенсивность распада сложных азотосодержащих соединений (гуминовых, фульвокислот, белков) до аминокислот и амидов (Крамаренко, 2003). Определение протеазной активности позволяет выявить интенсивность минерализации веществ белковой природы. На протеазную активность почв оказывает влияние температура воздуха и почв и количество осадков. Сравнительная оценка показателей актуальной протеазной активности почв на расстоянии от 30м до 200м от реки Кума показала, что за период проведения исследований она варьирует от 7,4% на расстоянии 30м и до 9,4% на расстоянии 200м (рис.5). В

среднем показатель протеазной активности почвы на участках за весь период исследования составил 8,3%.

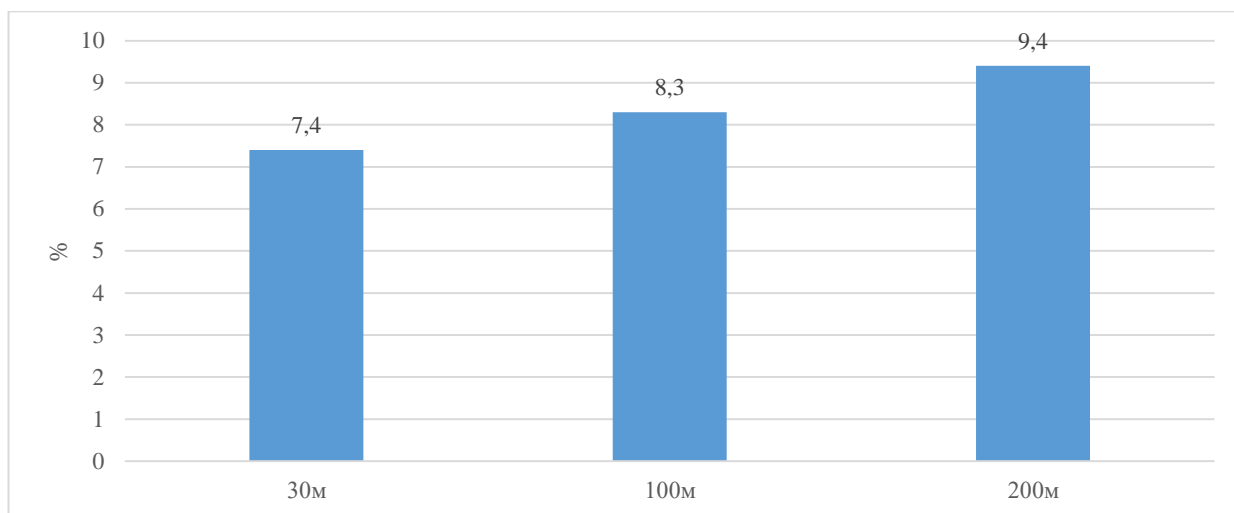


Рис.5. Сравнительная оценка протеазной активности почв на расстоянии 30 м, 100м, 200м от р. Кума

Наибольшие показатели активности протеаз 14% отмечены на участке 1 (200м), наименьшие 4,2% на участке 3 (30м) рис.6. Наибольшая протеазная активность на расстоянии 30м наблюдается на участке 2 и составляет 9,1%, на расстоянии 100м на первом участке 12,4%. На участках 1 и 3 по мере удаления от берега протеазная активность в почве увеличивается, на участке 2 изменения происходят скачкообразно.

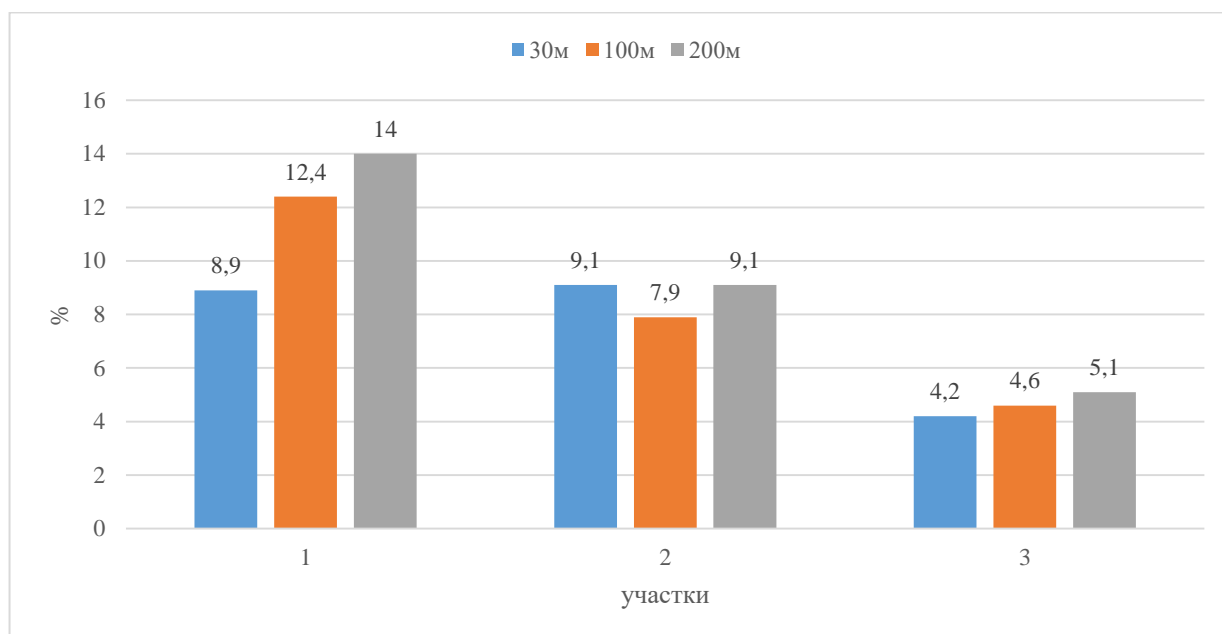


Рис. 6. Средние показатели протеазной активности ферментов на участках водоохранной зоны р. Кума

Для изучения сезонной динамики протеазной активности были выбраны три одинаковых по продолжительности, но контрастных по гидротермическим условиям периода: прохладный и влажный (октябрь 2022 — январь 2023 г.), теплый и умеренно влажный (февраль 2023 — май 2023

гг.), жаркий и сухой (июнь 2023 — август 2023 гг.). Общие закономерности динамики протеолитической активности ферментов за период исследования показали, что в течение года их активность подвержена значительным изменениям. Максимальная активность ферментов, разрушающих белки обнаружена в весенний период в марте 18%, минимальная в осенний в октябре 1,9% (рис.7). Весенний подъем и осенний спад активности зависят от поступающих тепла и влаги, причем для нашей степной зоны главным лимитирующим фактором, является влажность. В марте выпало 86мм осадков, в октябре 15мм. Средний показатель протеазной активности почвы за осенний период составил 7,5%, за зимний 12,5%, за весенний 14,8, за летний 10,8%, за весь период исследования 11,7%. Таким образом, прослеживается зависимость показателя протеазной активности почвы от гидротермических условий.

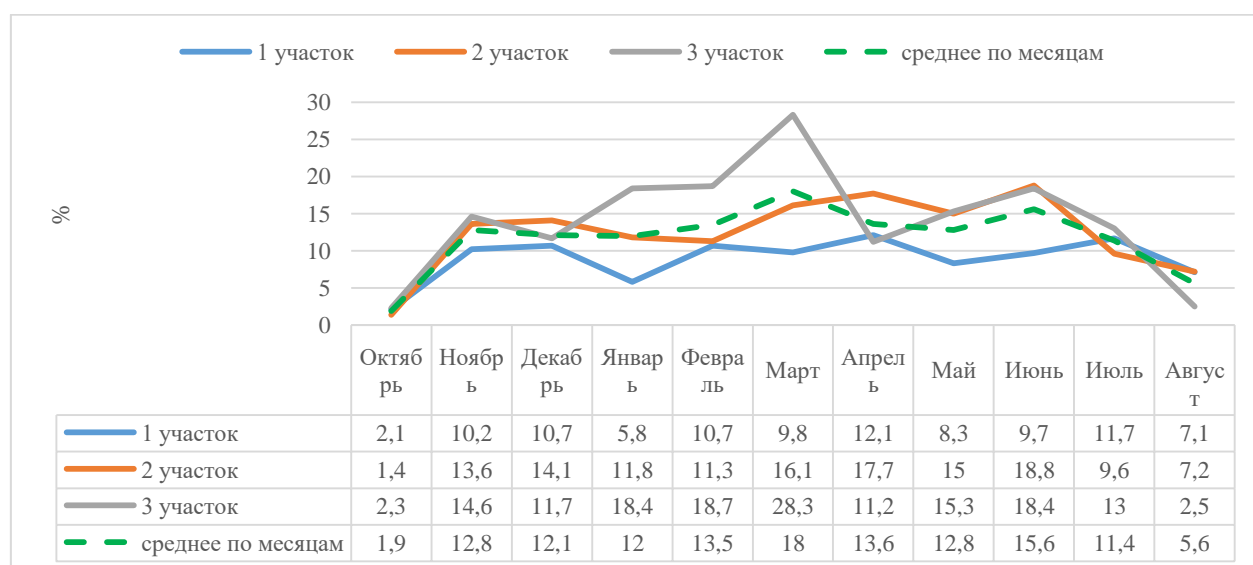


Рис.7. Сезонная динамика протеазной активности ферментов водоохранной зоны р. Кума

Фермент уреазы, катализирует гидролиз мочевины до углекислого газа и аммиака. Образовавшийся аммиак служит источником азотного питания растений (Вальков, 1999). В нашем исследовании скорость увеличения щелочности воздуха над почвой являлась показателем уреазной активности, чем больше было уреазы в почве, тем быстрее происходило смещение реакции в щелочную сторону. Через 30 мин эксперимента на участках 1-3 в пробах почвы отобранных на расстоянии 30м значение рН изменяется от 6,1 до 6,2 (рис.8), в тоже время на участке 3 такие изменения происходят в пробах почвы отобранных на расстоянии 100 и 200м. Через 60 минут эксперимента увеличение рН наблюдается во всех пробах, через 120 минут этот показатель плавно увеличивается, достигая на участке 2 максимального показателя 6,9, в пробе, отобранной на расстоянии 200м. Минимальная активность уреазы 6,2 отмечена через 60 минут для проб почвы отобранной на расстоянии 200м на участке 1. Через 300 минут значения уреазной активности варьировали в пределах от 6,4 до 7,2.

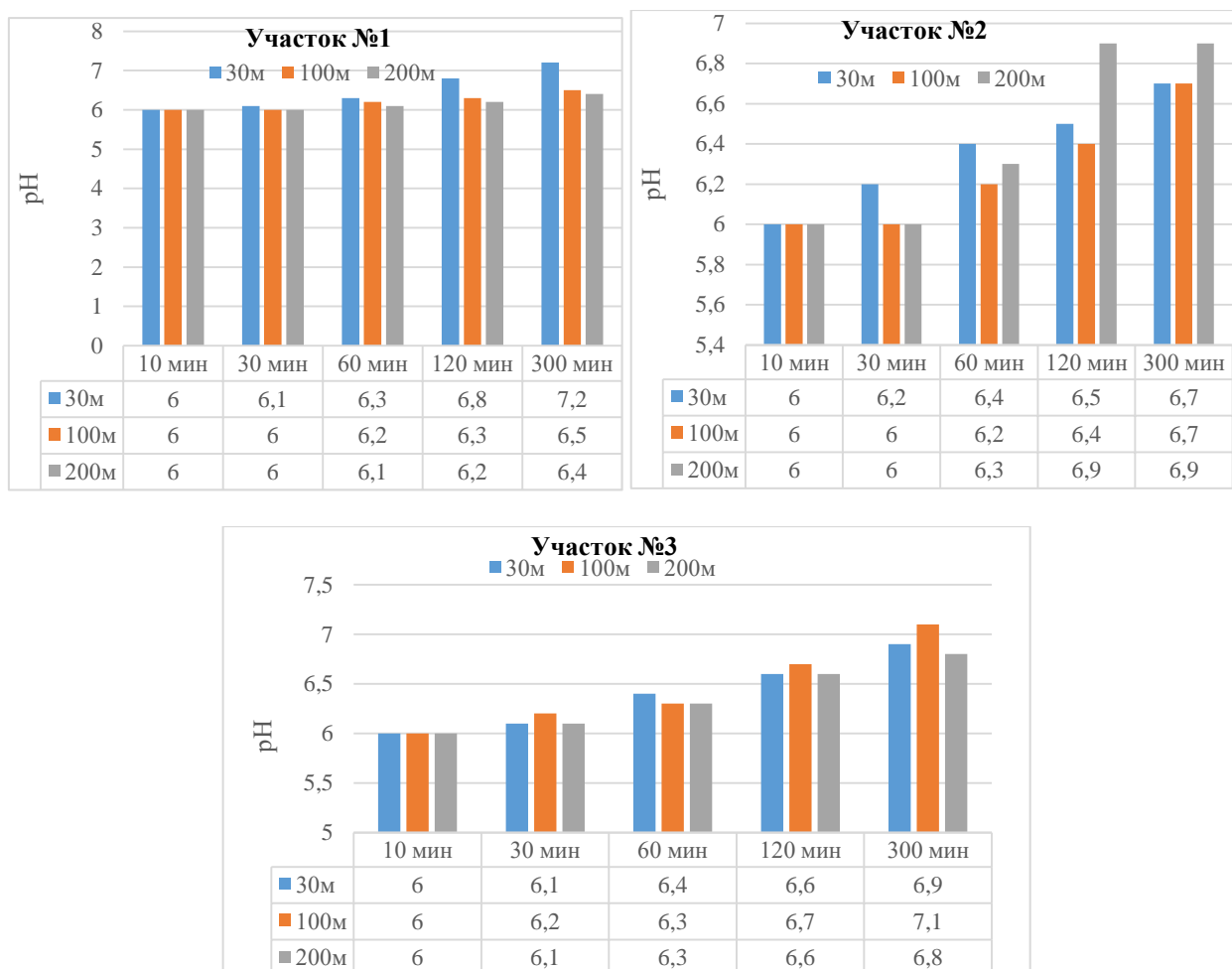


Рис.8. Урезная активность почвы на исследуемых участках водоохранной зоны р. Кума (средние показатели за 11 месяцев)

Используя шкалу урежной активности почвы (Аристовская, 1989), согласно которой почва с высокой урежной активностью обнаруживает сдвиг pH 1-1,5 единицы за 1-1,5 часа после начала опыта, со слабой меньше чем за 3 часа и низкой больше чем за 4 часа, можно сказать, что почвы водоохранной зоны р. Кума имеют низкую урежную активность.

При анализе сезонной динамики активности уреазы (рис.9) необходимо отметить её повышение в осенний период pH 7,4 (октябрь), весенний pH 7,4 (март) и летний pH 7,5 (июнь) в почвах, всех изученных участков. Наименьшие показатели урежной активности наблюдаются в зимний период и в августе, и не отличаются сильной вариабельностью по всем участкам, показывая сходные значения от 6,4 до 6,8. Сопоставляя полученные данные с гидротермическими условиями в период проведения исследования можно выявить зависимость в повышении активности уреазы от благоприятных гидротермических показателей. Именно на октябрь, март и июнь приходится наибольшее количество осадков. При отсутствии дождей в августе 2023г, активность уреазы уменьшалась до 6,3. Следовательно, осадки и, соответственно, влажность почвы являются факторами, оказывающими влияние на урежную активность почв.

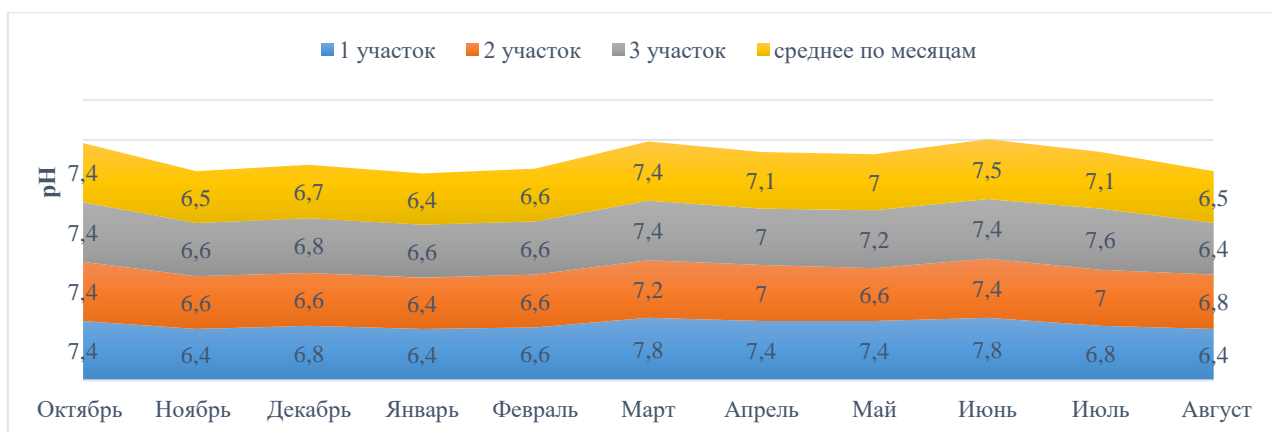


Рис.9.Сезонная динамика уреазной активности ферментов водоохранной зоны р. Кума

Таким образом, почва водоохранной зоны р. Кума характеризуется низкой уреазной активностью, что свидетельствует о снижении потенциальной самоочищающей способности у исследованной почвы; уровень целлюлазной активности почвы средний, что свидетельствует о снижении запаса органического вещества в почве; протеазная активность почвы низкая, что свидетельствует о снижении скорости разложения азотсодержащего органического вещества.

Для определения степени нарушения биологической активности почвы и её эколого-биологического состояния на разных участках водоохранной зоны р. Кума в качестве критерия был использован интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) (Казеев, 2003). Для его определения использовали показатели ферментативной активности почвы (целлюлазной, протеазной, уреазной). Используемая методика позволяет интегрировать относительные значения разных показателей, абсолютные значения которых не могут быть объединены в единый показатель, так как имеют разные единицы измерения. Интегральный показатель биологического состояния почвы отражает уровень антропогенного влияния на экологическое состояние почвы и ее биологическую активность. В результате многих исследований (Казеев, 1996; Колесников, Казеев, Вальков, 2000 и др.) установлено, что ИПБС является достаточно стабильным параметром и в одних и тех же почвах в разные сезоны и годы различается не более, чем на 3-9%, в то время как в некоторых случаях отдельные показатели варьируют очень сильно (более чем на 300%). При снижении интегрального показателя в той или иной степени происходит нарушение тех или иных экологических функций почвы (Казеев, 2003). Если значения ИПБС уменьшились менее чем на 5 %, то почва выполняет свои экологические функции нормально, при снижении значений ИПБС на 5-10% происходит нарушение информационных экофункций, на 10-25 % — биохимических, физико-химических, химических и целостных, более чем на 25 % — физических (Колесников и др., 2013).

Результаты оценки биологического состояния почвы, проведенные по рассчитанным интегрированным показателям биологического состояния почвы (ИПБС) представлены в таблица 3.

Таблица 3

## Интегральный показатель биологического состояния почвы

Пробный участок	Относительный балл протеазная активность, %	Относительный балл целлюлазная активность, %	Относительный балл уреазная активность	Средний бал	ИПБА, %	Снижение ИПБА, %
контроль	100	100	100	100	100	0
1	61	100	58	292	90	10
2	72	100	87	320	95	5
3	50	40	62	290	90	10

Анализ результатов показал, что на всех участках водоохранной зоны р. Кума наблюдается уменьшение ИПБС на 5-10%, т.е. происходит нарушение информационных экофункций почвы. Почва осуществляет эту функцию благодаря изменению таких периодически изменяющихся параметров, как тепловой, водный, пищевой и солевой режимы. Таким образом, функциональное состояние и продукционная способность почвы напрямую зависят от ее биологической активности.

#### **4.Выводы**

По результатам изучения биологической активности почв водоохранной зоны р. Кума по показателям ферментативной активности были сделаны следующие выводы:

1. Ферментативная активность почв водоохранной зоны р. Кума на исследуемых участках изменяется от низкого (уреазная, протеазная) до среднего (целлюлазная) уровня.
2. Наиболее благоприятным для деятельности микроорганизмов, разлагающих целлюлозу, является весенний и осенний период; для организмов разлагающих белок весенний период; для организмов разлагающих уреазу осенний, весенний и летний периоды. В зимний период, активность микроорганизмов значительно снижена.
3. В почвах водоохранной зоны наблюдается уменьшение ИПБС на 5-10%, что свидетельствует о нарушении информационных экофункций почвы.

## 5. Литература

1. Аристовская Т.В. Экспресс-метод определения биологической активности почв / Т.В. Аристовская, М.В. Чугунова // Почвоведение. — 1989. — № 11. — С. 142–147.
2. Атлас земель Ставропольского края, Ставрополь, 2000. - 118 с.
3. Вальков, В.Ф. Методология исследования биологической активности почв на примере Северного Кавказа / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников // Научная мысль Кавказа. – 1999. – № 1. – С. 32–37.
4. Галстян А. Ш. Определение активности ферментов почв / А. Ш. Галстян // Почвоведение. – 1978. – № 2. – С. 50–55
5. Гельцер Ю.Г. Показатели биологической активности в почвенных исследованиях / Ю.Г. Гельцер // Почвоведение. — 1990. — № 9. — С. 47–60.
6. ГОСТ 23740- 2016 ГРУНТЫ Методы определения содержания органических веществ, 2019
7. ГОСТ 28168-89 Межгосударственный стандарт, 1990
8. Джанаев З.Г. Агрохимия и биология почв юга России. М., 2008
9. Доклад о состоянии окружающей среды и природопользовании в Ставропольском крае в 2022 году / министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края. – Ставрополь: [б. и.], 2023. – 141 с.
10. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии: учеб. пособие для почв. агрохим. спец. ун-тов и с.-х. вузов / Звягинцев Д. Г., Асеева И. В., Бабьева И. П., Мирчинк Т. Г., Под ред. Звягинцева Д. Г. – М.: МГУ, 1980. – 224 с.
11. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2003. 204 с.
12. Казеев, К. Ш. Влияние модельного загрязнения нефтью на биологические свойства почв сухих степей и полупустынь юга России // Аридные экосистемы. – 2013. – Т. 19, № 2 (55). – С. 58–63.
13. Крамаренко Т.Н. Ферментативная активность почв при различных антропогенных воздействиях: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.27 / Т.Н. Крамаренко. — Воронеж, 2003. — 163 с.
- Колесников С. И., Сливакова, Н. А., Везденеева, Л. С., Кузнецова, Ю. С.,
14. Купреченков М. Т., Антонова Т. Н., Симбирев Н. Ф., Цыганков А. С. Земельные ресурсы Ставрополья и их плодородие. Ставрополь, 2002. 320с.
15. Мишвелов Е. Г., Атаев З.В., Корниенко А.И. Гидролого-морфологические особенности и геоэкологическое состояние территорий долины равнинной части реки Кумы и их значение в системе цивилизационного развития Центрального Предкавказья периода XVIII-XXI веков. //Юг России: экология, развитие 2022 Т. 17 N 4
16. Мишустин Е.Н., Петрова А.Н. Определение биологической активности почвы. Микробиология, 1963, т.32, вып.3, с.478-483.

17. Мишустин Е.Н., Никитин Д.И., Востров И.С. Прямой метод определения суммарной протеазной активности почвы. - В кн.: Сборник докладов симпозиума по ферментам почвы. Минск, 1968, с.144.
18. Мишустин Е.Н., Востров И.С. Апликационные методы в почвенной микробиологии. - В кн.: Микробиологические и биохимические исследования почв. Киев, Урожай, 1971, с.3-12.
19. Постановление Правительства РФ от 10 января 2009 г. N 17 «Об утверждении Правил установления на местности границ водоохраных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов»
20. Природно-климатический очерк Георгиевского района. – Ставрополь: Кубань НИИгипрозем, 2020
21. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев. – М.: Наука, 1990. – 189 с.
22. Хазиев Ф. Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв / Ф. Х. Хазиев –М.: Наука, 1982. – 204 с.
23. Ямашкин А.А., Кирюшин А.В., Коваленко А.К. и др.; науч. ред. и сост. А.А. Ямашкин. Геоэкологический анализ состояния природно-социально-производственных систем. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2004. 260 с.

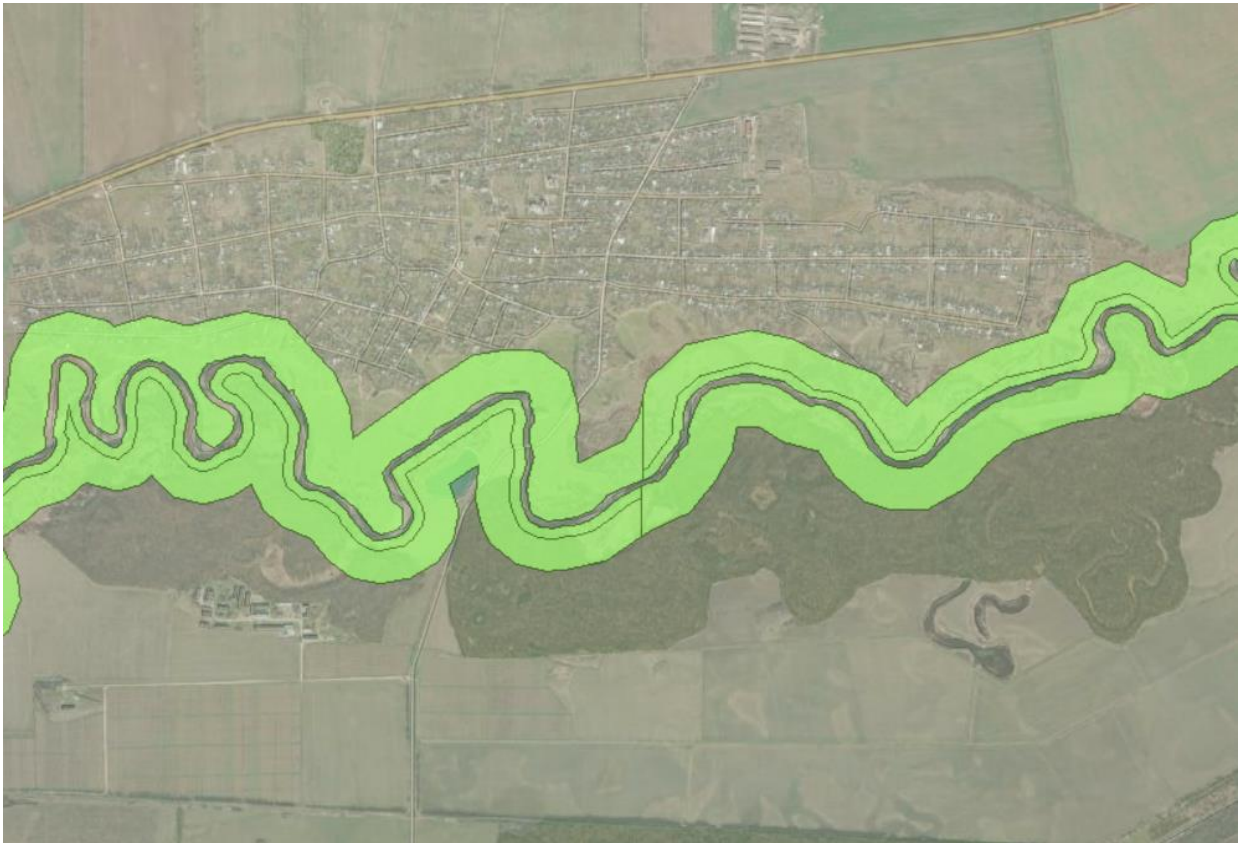


Рис. 1. Карта –схема водоохранной зоны р. Кума, в окрестностях с. Новозаведенного



а

б

Рис. 2. Участки водоохранной зоны: а-№1, б-№2,



Рис.3. Участок №3, на котором жители села берут песок и гравий



Рис. 4. Закладка проб на участках водоохранной зоны



Рис.5. Закладка льняного полотна и рентгеновской пленки в почву



Рис.6. Образцы рентгеновской пленки после 3 суток экспозиции в контроле и почве пробных участков в весенний период

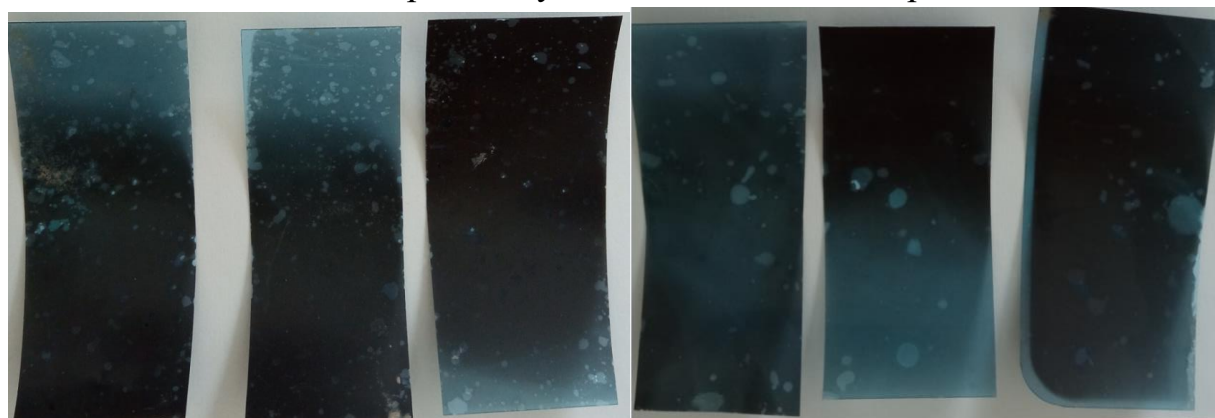


Рис.7. Образцы рентгеновской пленки после 3 суток экспозиции на участках №1 №2 в зимний период





Рис.11. Строение почвенного профиля на участке №2  
(для целинных аллювиальных дерновых почв характерны макро- и микрослоистость профиля)

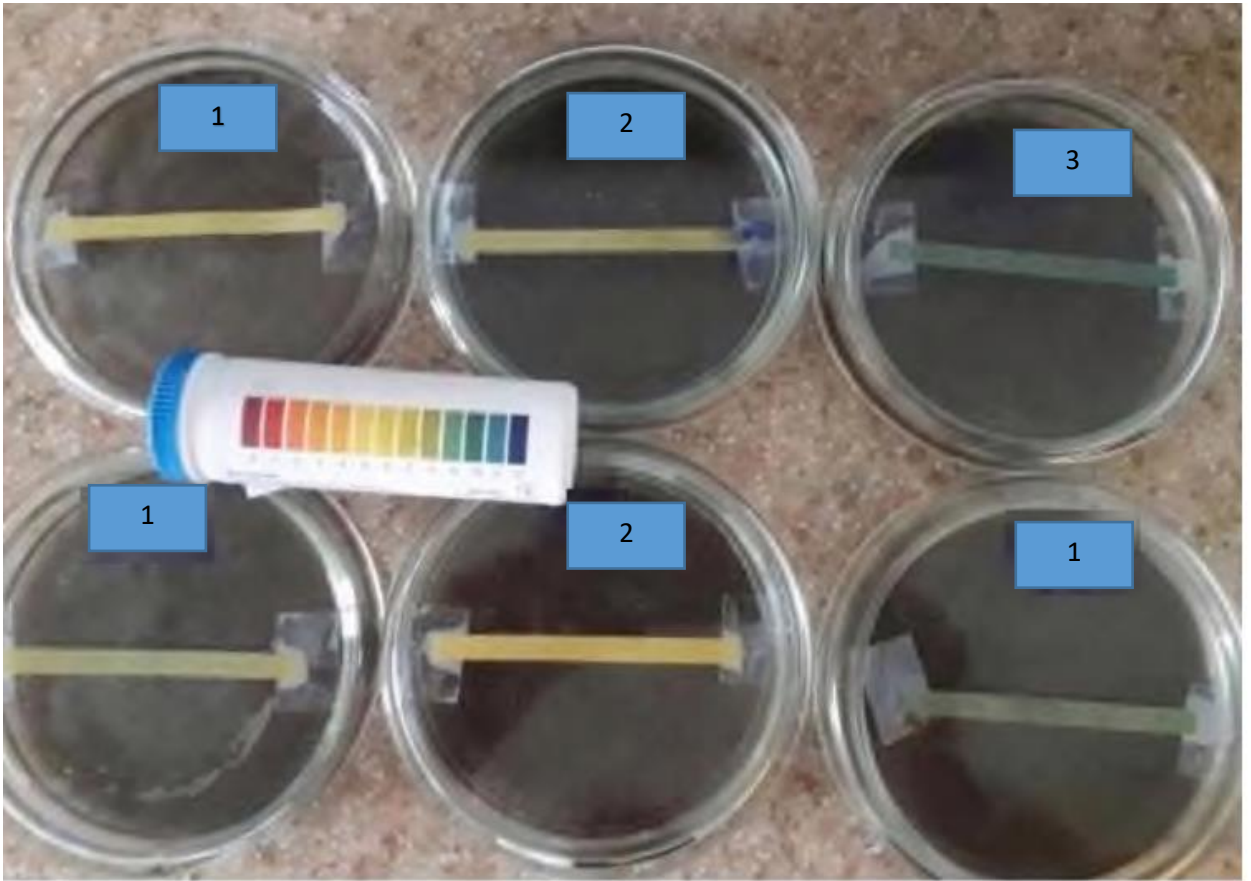


Рис.12. Изучение уреазной активности почвы водоохранной зоны