

УТВЕРЖДАЮ

**директор ООО «ВостокНАЦ»
Холмогоров А.О.**

Дата 20.09.2023



ОТЧЕТ

по научно-исследовательской работе

«Доисследование эффективности снижения тяжелых металлов и нефтепродуктов в воде и донных осадках, подбор и обоснование режимов и способов применения «ЭМ-Аква», и Эм-колобки»

**Научный руководитель к.б.н.,
с.н.с. лаборатории комплексных
исследований окружающей
среды и минеральных ресурсов
Пономарева А.Л.**

2023

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Объекты и методы.....	5
1.1. Объекты.....	5
1.2. Схема эксперимента.....	5
1.2. Методы.....	7
1.2.1. Определение толщины осадка.....	7
1.2.2. Измерение рН.....	7
1.2.3. Учет численности микроорганизмов.....	8
1.2.3.1. Определения общего микробного числа.....	8
1.2.3.2. Определение численности лактобактерий.....	8
1.2.3.3. Учет численности дрожжей.....	10
1.2.4. Определение концентрации тяжелых металлов.....	11
1.2.4.1. Кобальт.....	11
1.2.4.2. Кадмий.....	11
1.2.4.3. Медь.....	11
1.2.3.4. Свинец.....	11
1.2.5. Определение количества углеводородов нефти флуориметрическим методом.....	12
2. Результаты и обсуждения.....	13
2.1. Оценка предельной токсичной концентрации тяжелых металлов.....	13
2.2. Изменение толщины осадка.....	13
2.2.1. Серия экспериментов без нефти.....	13
2.2.2. Серия экспериментов с нефтью.....	14
2.3. Изменение рН осадка и воды.....	16
2.3.1. Серия экспериментов без нефти.....	16
2.3.2. Серия экспериментов с нефтью.....	18
3. Тяжелые металлы.....	20
3.1. Тяжелые металлы в воде.....	20
3.1.1. Серия экспериментов без нефти.....	20

3.1.2. Серия экспериментов с нефтью	23
4. Тяжелые металлы в осадке	27
4.1. Серия экспериментов без нефти	27
4.2. Серия экспериментов с нефтью	31
ВЫВОДЫ	35
ПРИЛОЖЕНИЕ	36

ВВЕДЕНИЕ

Цель исследования описание процессов снижения концентрации углеводородов и тяжелых металлов в воде и осадках под воздействием препарата «AQUA-EM-1».

Задачи

1. Изучить изменение высоты осадка.
2. Изучить колебание кислотности в воде и осадке.
3. Изучить изменение концентрации тяжелых металлов в воде и в осадке в присутствии нефти и без нее.
4. Изучить изменение форм тяжелых металлов (подвижных, органических, карбонатных и гидратированных) в осадке.

1. Объекты и методы.

1.1. Объекты

Биопрепарат «AQUA-EM-1» Биопрепарат «AQUA-EM-1» производится на основе консорциума бактерий *Lactobacillus plantarum*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* F 116 и дрожжевых грибов *Saccharomyces cerevisiae* и представляет собой жидкий концентрат с незначительным осадком, содержащий комплекс консорциума вышеуказанных бактерий и продуктов их жизнедеятельности.

Модельная вода – вода водопроводная отстоянная не менее 7 дней.

Модельные донные отложения – 30 % озерных донных отложений, 30 % глины, 20% песка, 20% коммерческого препарата грунта.

В качестве модельных тяжелых металлов использовали хлориды кобальта, кадмия, меди и свинца. И сырую стерильную нефть марки «ECSPO» в концентрации 4 % от объема.

1.2. Схема эксперимента

1 этап подбор качественным методом предельной токсичной концентрации свинца, кадмия, кобальта, меди для растворов «AQUA-EM-1». Предельная токсичная концентрация вещества, вызывающая гибель 99% членов испытываемой группы.

2 этап проведение эксперимента.

Приготовление пробы включало в себя добавление отмеренной дозы модельных донных отложений 100 мл, 800мл модельной природной воды. В природную воду добавляли необходимую концентрацию тяжелых металлов и нефти. После этого тщательно перемешивали и давали отстояться 12 часов до полного осаждения осадка. Нефть практически не переходит в осадок и поэтому в экспериментах концентрацию углеводов измеряли только в воде. В пробы добавляли необходимую концентрацию тестируемого биопрепарта в соотношении 10мл/л.

В каждой пробе учитывается толщина осадка, рН, концентрации свинца, кадмия, кобальта, меди и в параллели с нефтью убыль углеводов.

Учитывали общее количество микроорганизмов, лактобацил и дрожжей.
Измерение проводили каждые 7 дней в течение 6 недель.



Рис. 1. Схема эксперимент

	Без нефти			С нефтью		
	Концентрат	1к10	1к100	Концентрат	1к10	1к100
Медь						
Кобальт						
Свиней						
Кадмий						
Контроль						

Рис. 2. План эксперимента.

1.2. Методы

1.2.1. Определение толщины осадка

Толщину осадка измеряли с помощью линейки по высоте от дна сосуда. 3 раза с разных сторон сосуда. После высчитывали среднее.

1.2.2. Измерение рН

Проверка стабильности градуировки рН-метра осуществлялась по коммерческим буферным растворам перед каждым измерением. Градуировку признают стабильной, если значения рН отличаются не более чем на $\pm 0,03$ единицы рН от приписанного значения соответствующих буферных растворов - рабочих эталонов 3-го разряда.

Электроды тщательно ополаскивают дистиллированной водой, удаляют остатки воды, промокая их фильтровальной бумагой, опускают в анализируемую пробу и через 3 мин (после установления постоянного значения) записывают показания прибора. Повторяют измерения через 1 мин. Значение рН рассчитывают как среднее арифметическое из двух измерений, отличающихся не более, чем на $\pm 0,06$ единиц рН.

От пробы осадков отбирают навеску 50,00 г (результат взвешивания регистрируют до второго десятичного знака). В конической колбе вместимостью 500 см³ готовят водную вытяжку, добавляя в пробу 150 см³ дистиллированной воды.

Образец перемешивают на механическом встряхивателе в течение двух часов.

Фильтруют полученную суспензию через фильтр белая лента, при этом весь осадок из колбы переносят на фильтр и промывают 100 см³ дистиллированной воды, разбивая промывной объём на 5-6 порций.

Измерение водородного показателя (рН) проводят в фильтрате.

1.2.3. Учет численности микроорганизмов

1.2.3.1. Определения общего микробного числа

Общим микробным числом (ОМЧ) называют количество микробов(мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных) в 1 мл жидкости, 1 г твердого вещества.

Из каждой пробы делают посев не менее двух различных объемов, отобранных с таким расчетом, чтобы число выросших на чашках колоний колебалось в пределах от 30 до 300.

Для посева 0,1 мл и меньших объемов исследуемую воду или почвенную суспензию разводят стерильной водой. Готовят последовательно десятикратные разведения, используя для каждого разведения отдельную стерильную пипетку. По 1 мл каждого разведения вносят в две стерильные чашки Петри, после чего их заливают 10-15 мл расплавленного и остуженного до 45-50 °С СПА, который тщательно круговыми движениями перемешивают. Среде дают застыть на строго горизонтальной поверхности. Посевы выращивают в течение суток при 37° С. Воду из открытых водоемов засевают параллельно на две серии чашек, одну из которых инкубируют при 37 °С в течение суток, а другую — 2 суток при 20 °С. Посевы минеральной воды культивируют при 30 °С в течение 48-72 ч. Затем подсчитывают количество выросших на поверхности и в глубине среды колоний (видимых невооруженным глазом и при увеличении в 2-5 раз) и вычисляют микробное число воды — количество микроорганизмов в 1 мл.

1.2.3.2. Определение численности лактобактерий

Определение проводили путем прямого высева на селективную питательную среду Лактобакагар.Среду в количестве, указанном на этикетке, тщательно размешивают в 1 л дистиллированной воды, доводят до кипения и кипятят в течение 3 мин, периодически перемешивая, до полного расплавления агара, фильтруют через ватно-марлевый фильтр, стерилизуют автоклавированием при температуре (121±1) °С в течение 15 мин, охлаждают при комнатной температуре до (45-50) °С и разливают в стерильные чашки

Петри слоем 4-5 мм. Перед посевом чашки со средой выдерживают в течение 48 ч при комнатной температуре.

Готовая питательная среда, разлитая в чашки Петри, прозрачная коричневого цвета.

Готовую среду можно использовать в течение 10 суток после её приготовления при условии хранения при температуре 2-8 °С и 5 суток при температуре хранения 18-25 °С.

Исследуемый материал засевают на чашки Петри и стерильным шпателем распределяют взвесь по поверхности среды.. Инкубируют 44-48 ч при температуре (37±1) °С в атмосфере 5-10 % содержания CO₂ (свечной сосуд, CO₂-инкубатор).

Учет результатов проводят визуально через 44-48 ч инкубации при температуре (37±1) °С в атмосфере 5-10 % содержания CO₂. Лактобациллы вырастают в виде гладких, круглых, белых, полупрозрачных или сероватых колоний диаметром не менее 1 мм. Возможен также рост лактобацилл в виде шероховатых, уплощенных колоний.

При посеве исследуемого материала в толщу Лактобакагара лактобациллы вырастают в виде белых колоний чечевицеобразной формы внутри среды.

Энтерококки и дрожжеподобные грибы вырастают на Лактобакагаре также в виде гладких, круглых, белых и полупрозрачных колоний. Поэтому для идентификации лактобацилл необходима бактериоскопия мазков. В мазках, окрашенных по Граму, лактобациллы представляют собой грамположительные неспорообразующие палочковидные бактерии, форма которых варьирует от вытянутых палочек до коккобацилл, образующих короткие цепочки.

Для получения достоверных результатов посева образцов производить не менее чем в трех повторностях.

1.2.3.3. Учет численности дрожжей

Метод основан на высеве продукта или гомогената продукта и (или) их разведений в питательные среды (среда Сабуро, среда агаровая для определения дрожжей и плесеней и др.), определении принадлежности выделенных микроорганизмов к плесневым грибам и дрожжам по характерному росту на питательных средах и по морфологии клеток

Для определения количества дрожжей и плесневых грибов выбирают те разведения, при посевах которых на чашках вырастает от 15 до 150 колоний дрожжей и (или) от 5 до 50 колоний плесневых грибов.

Из каждой пробы делают посев на 2-3 чашки Петри. В каждую чашку с заранее промаркированной крышечкой добавляют не позднее чем через 15 мин (14 ± 1) см³ питательной среды, охлажденной до (45 ± 1) °С, содержимое чашки Петри немедленно тщательно перемешивают и оставляют на горизонтальной поверхности до застывания питательной среды.

После застывания сред чашки Петри переворачивают вверх дном и ставят в таком виде в термостат с температурой (24 ± 1) °С на 5 сут.

Через 3 сут термостатирования проводят подсчет типичных колоний, а через 5 сут окончательный подсчет, наблюдая за ростом дрожжей и плесневых грибов визуально, а при необходимости проводят микроскопирование выросших колоний.

Каждую чашку помещают вверх дном на темном фоне и проводят подсчет количества выросших колоний, пользуясь лупой с увеличением в 4-10 раз.

Каждую подсчитанную колонию отмечают на дне чашки.

Колонии дрожжей на агаровых средах образуют выпуклые, блестящие серовато-белые колонии с гладкой поверхностью и ровным краем. В среде агаровой для определения дрожжей и плесневых грибов дрожжи могут образовывать глубинные колонии белого цвета звездообразной формы с четким краем.

Плесневые грибы имеют различную окраску и образуют на питательных средах пушистый мицелий. Плесневые грибы в данном эксперименте не учитывали.

1.2.4. Определение концентрации тяжелых металлов

1.2.4.1. Кобальт

Метод измерений массовой концентрации ионов кобальта основан на их взаимодействии с нитрозо-R-солью (1-нитрозо-2-нафтол-3,6-дисульфонатом натрия) с образованием окрашенного в розовый цвет соединения состава $\text{Co}(\text{C}_{10}\text{H}_4\text{ONO}(\text{NaSO}_3)_2)_3$. Реакцию проводят в уксусноацетатной среде при pH близком к 5,5. Оптическая плотность окрашенного раствора измеряется при λ - 520 нм. Измерения проводили согласно ПНД Ф 14.1:2.44-96.

1.2.4.2. Кадмий

Фотометрический метод определения массовой концентрации ионов кадмия основан на взаимодействии кадмия с дитизоном с образованием окрашенного в малиново-розовый цвет комплекса, экстрагируемого четыреххлористым углеродом. Оптическая плотность окрашенного раствора измеряется при $\lambda = 515$ нм. Измерения проводили согласно ПНД Ф 14.1:2.45-96.

1.2.4.3. Медь

Фотометрический метод определения массовой концентрации ионов меди основан на взаимодействии раствора диэтилдитиокарбамата свинца в тетрахлориде углерода с ионами меди в кислой среде (pH=1,0-1,5) с образованием диэтилдитиокарбамата меди, окрашенного в желто-коричневый цвет. Оптическую плотность раствора измеряют при $\lambda = 300$ нм в кюветах с длиной поглощающего слоя 5 мм. Измерения проводили согласно ПНД Ф 14.1:2:4.48-96.

1.2.4.4. Свинец

Фотометрический метод определения массовой концентрации ионов свинца основан на взаимодействии свинца с дифенилтиокарбазоном

(дитизоном) в четыреххлористом углероде с образованием комплексного соединения, окрашенного в красный цвет. Оптическую плотность раствора комплексного соединения измеряют при $\lambda = 520$ нм. Измерения проводили согласно ПНД Ф 14.1:2.54 – 96

1.2.5. Определение количества углеводородов нефти флуориметрическим методом.

Флуориметрический метод измерений массовой концентрации нефтепродуктов основан на их экстракции гексаном из пробы воды, при необходимости очистке экстракта, измерении массовой концентрации нефтепродукта с использованием градуировочной характеристики, заложенной в память анализатора, и вычислении массовой концентрации в пробе. Измерения проводили согласно ПНД Ф 14:1:2:4.128-98.

2. Результаты и обсуждения

2.1. Оценка предельной токсичной концентрации тяжелых металлов

Приготавливали серию растворов тяжелых металлов в концентрации от 10 до 0,0001 г/л и тестировали жизнеспособность «AQUA-EM-1» методом серийных разведений. По результатам анализа было выявлено, что предельной концентрацией для меди, кобальта, кадмия и свинца является 0,1 г/л. Данная концентрация в дальнейшем использовалась во всех экспериментах.

2.2. Изменение толщины осадка

2.2.1. Серия экспериментов без нефти

Снижение толщины осадка происходит практически во всех пробах. В пробах с тяжелыми металлами наблюдается продолжительная фаза адаптации и значимые результаты достигаются на 2-3 неделю эксперимента. В пробе с медью и концентрацией препарата 1к10 на протяжении всего эксперимента толщина осадка изменяется незначительно и не имеет достоверных отличий.

Таблица 1. Толщина осадка в серии проб с «AQUA-EM-1» без нефтепродуктов

метал	конц	исходная высота	1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя	5 неделя	6 неделя
кадмий	конц	8,81	8,79	8,06	8,31	8,14	8,09	7
	1к10	9,00	5,07	6,14	6,20	6,12	6,58	4
	1к100	8,84	6,86	6,42	6,71	5,47	6,40	5
кобальт	конц	8,79	6,93	4,89	6,00	4,31	2,94	3
	1к10	8,28	6,64	5,78	5,15	5,52	5,71	4
	1к100	8,51	8,12	8,12	8,35	8,37	8,69	7
медь	конц	8,47	5,99	5,73	6,30	6,06	6,88	4
	1к10	8,60	8,25	8,37	8,17	8,36	8,77	9
	1к100	8,79	6,05	6,96	5,93	5,72	5,01	5
свинец	конц	8,39	5,66	5,04	5,68	5,23	5,95	4
	1к10	9,00	6,10	6,69	6,95	6,94	5,08	4,5
	1к100	8,02	5,93	6,71	5,00	6,10	5,52	4,5
контроль	конц	8,81	8,34	8,27	8,19	8,13	8,83	8
	1к10	8,03	4,16	3,41	3,64	3,72	2,52	2,5
	1к100	8,86	5,16	4,43	4,58	3,48	3,15	2,5

Наименьшее убывь осадка фиксировали в пробах с концентрированным препаратом «AQUA-EM-1» в присутствии кадмия и в контроле, а также в

пробах с концентрацией 1к100 в присутствии кобальта. Наибольшая убыль осадка была в пробах «AQUA-EM-1» в концентрации 1к10 и 1к100 без присутствия тяжелых металлов.

Минимальное снижение осадка в концентрированном препарате в контроле может объясняться высокой концентрацией органики непосредственно в биопрепарате, и поэтому минерализация осадка идет медленнее.

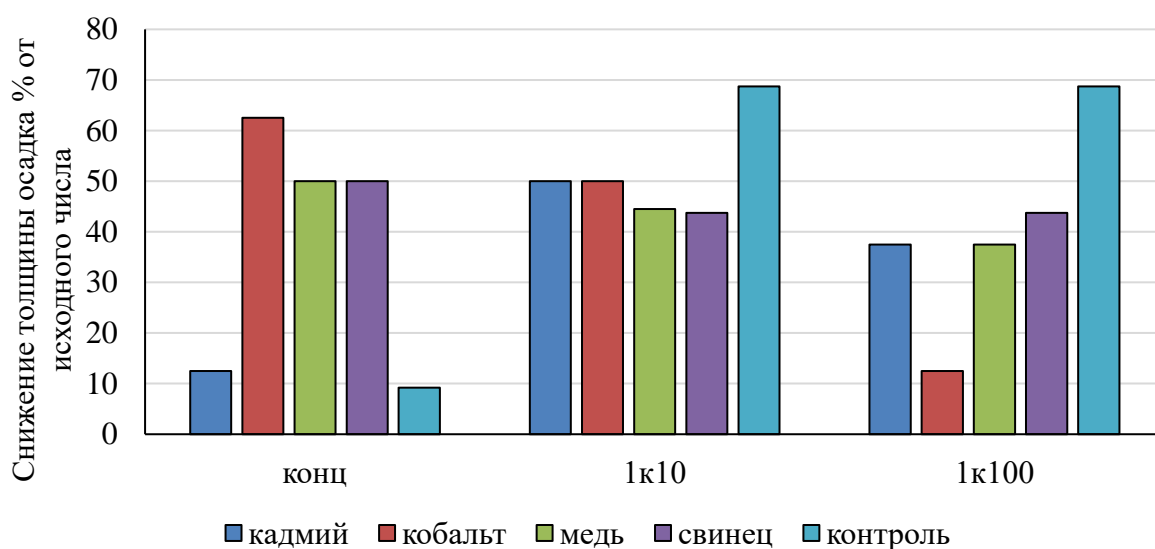


Рис.3. Снижение толщины осадка в серии проб с «AQUA-EM-1» без нефтепродуктов

2.2.2. Серия экспериментов с нефтью

Углеводороды нефти частично снижали токсичность тяжелых металлов, а также период адаптации к ним. Значимое снижение осадка было достигнуто уже на 1 неделю эксперимента. При этом углеводороды нефти в пробах без тяжелых металлов незначительно снижали активность «AQUA-EM-1» в концентрации 1к10 и 1к100 и значительно активировали концентрированный биопрепарат.

Таблица 2. Толщина осадка в серии проб с «AQUA-EM-1» с нефтепродуктами

метал	Концент рация	исходная высота	1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя	5 неделя	6 неделя
кадмий	конц	8,10	5,04	5,17	6,82	6,06	6,59	5
	1к10	8,37	4,01	3,33	4,08	3,68	2,62	2,5
	1к100	8,66	5,93	6,10	6,60	5,20	5,33	4
кобальт	конц	8,28	4,52	4,03	3,26	3,48	3,23	2,5
	1к10	8,21	5,41	6,24	6,42	5,51	5,03	4,8
	1к100	8,18	8,00	8,23	8,40	7,30	6,92	6
медь	конц	8,00	6,39	5,16	4,83	4,58	2,38	3
	1к10	8,98	6,18	6,25	6,22	6,60	6,19	4
	1к100	8,08	5,55	6,02	5,34	5,74	6,25	5
свинец	конц	8,29	6,94	4,36	5,89	4,02	2,46	3
	1к10	8,62	6,40	5,25	6,97	5,34	5,89	5
	1к100	8,84	5,24	6,19	6,15	5,79	5,18	4
контроль	конц	8,70	6,17	4,73	4,10	5,71	2,21	3
	1к10	8,52	6,67	5,90	5,11	4,74	2,11	3
	1к100	8,54	5,73	5,59	5,98	5,72	5,57	4

Наименьшая убыль осадка была зафиксирована в пробах концентрированным биопрепаратом в присутствии кадмия, при концентрации «AQUA-EM-1» 1к10 в присутствии кобальта, меди и свинца, при концентрации «AQUA-EM-1» 1к100 в присутствии кобальта.

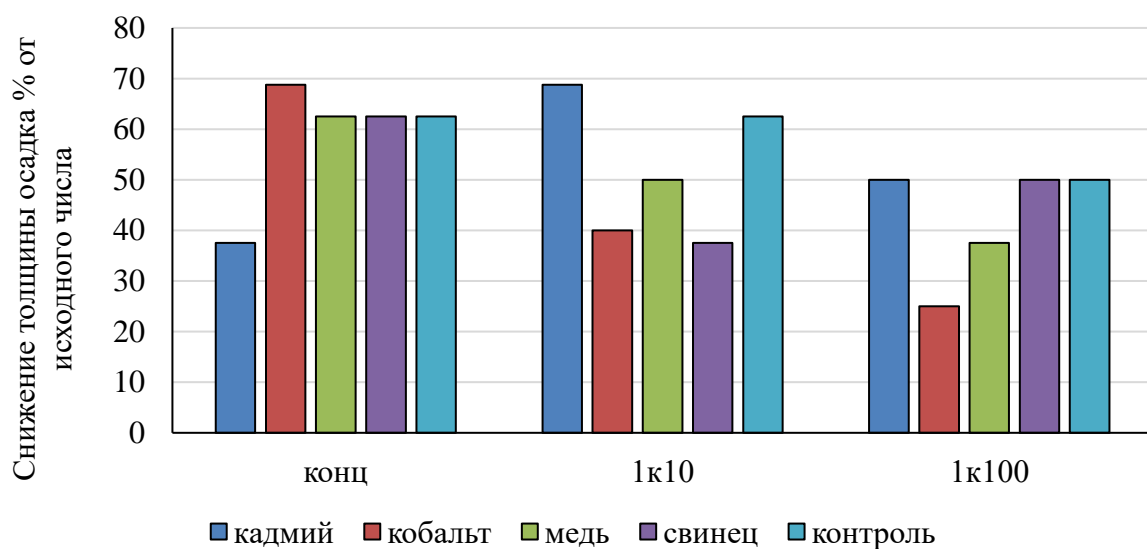


Рис. 4. Снижение толщины осадка в серии проб с «AQUA-EM-1» без нефтепродуктов

2.3. Изменение рН осадка и воды

2.3.1. Серия экспериментов без нефти

На 6 недели эксперименте наблюдается подкисление воды и осадка. При этом в контроле этот показатель незначительно ниже экспериментов. В целом отставание изменения рН от контроля в опытах тяжелыми металлами составило 1-2 недели.

Таблица 3. Кислотность воды и осадка в серии проб с «AQUA-EM-1» без нефтепродуктов

метал	Концентрация	Исходный	1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя	5 неделя	6 неделя
вода								
кадмий	конц	7,37	6,98	8,06	7,24	4,17	3,52	4,22
кадмий	1к10	7,22	7,51	7,75	5,35	5,34	4,46	5,98
кадмий	1к100	6,51	7,15	8,34	7,78	5,48	3,43	4,64
кобальт	конц	6,12	7,47	7,71	6,81	4,48	4,88	4,37
кобальт	1к10	6,75	6,20	8,65	6,11	4,19	3,48	4,90
кобальт	1к100	7,30	7,58	8,74	5,71	5,25	4,47	5,46
медь	конц	7,19	6,93	8,64	7,87	5,80	3,58	4,13
медь	1к10	6,52	7,28	8,49	5,55	4,58	3,53	4,52
медь	1к100	7,63	6,71	8,49	6,51	4,26	3,34	4,97
свинец	конц	6,73	7,75	8,76	7,29	5,39	3,47	4,43
свинец	1к10	6,33	7,23	8,98	5,18	4,89	4,51	4,85
свинец	1к100	7,21	7,57	7,94	7,06	5,86	4,29	4,93
контроль	конц	6,29	7,25	7,44	6,80	5,65	3,59	4,76
контроль	1к10	7,80	6,35	8,34	6,23	5,97	4,20	4,84
контроль	1к100	7,62	6,77	7,90	6,03	5,37	4,97	5,15
осадок								
кадмий	конц	6,80	5,96	7,35	6,68	6,69	4,44	4,86
кадмий	1к10	6,80	5,72	7,41	7,65	6,77	5,51	5,70
кадмий	1к100	6,80	6,99	7,14	7,59	6,12	5,78	5,48
кобальт	конц	6,80	6,16	7,47	7,31	6,67	4,12	4,89
кобальт	1к10	6,80	5,51	7,91	6,76	6,48	5,39	5,61
кобальт	1к100	6,80	5,82	6,69	6,22	6,93	4,79	5,55
медь	конц	6,80	6,92	6,25	7,68	6,00	4,17	4,74
медь	1к10	6,80	6,67	7,41	6,72	6,36	5,18	5,60
медь	1к100	6,80	6,11	6,03	6,25	6,44	4,08	5,46
свинец	конц	6,80	5,78	6,93	7,98	6,90	4,71	4,94
свинец	1к10	6,80	6,35	6,76	6,39	6,54	4,78	5,56
свинец	1к100	6,80	6,09	6,87	7,24	6,50	4,17	5,35
контроль	конц	6,80	6,94	6,30	7,08	6,59	4,05	5,61
контроль	1к10	6,80	6,09	6,03	7,54	6,50	4,80	4,99
контроль	1к100	6,80	5,77	6,40	7,75	6,30	4,60	4,99

В некоторых пробах воды на 1 и 2 неделю эксперимента наблюдается подщелачивание среды, которое сменяется резким закислением. Особенно ярко это наблюдается в присутствии кадмия.

В осадке данное явление не фиксируется.

Наибольшая степень подкисления воды наблюдалась в концентрированном препарате в присутствии кадмии и меди. В воде в присутствии препарата «AQUA-EM-1» в концентрации 1к100 значимых различий между пробами тяжелых металлов и контроля не фиксировали.

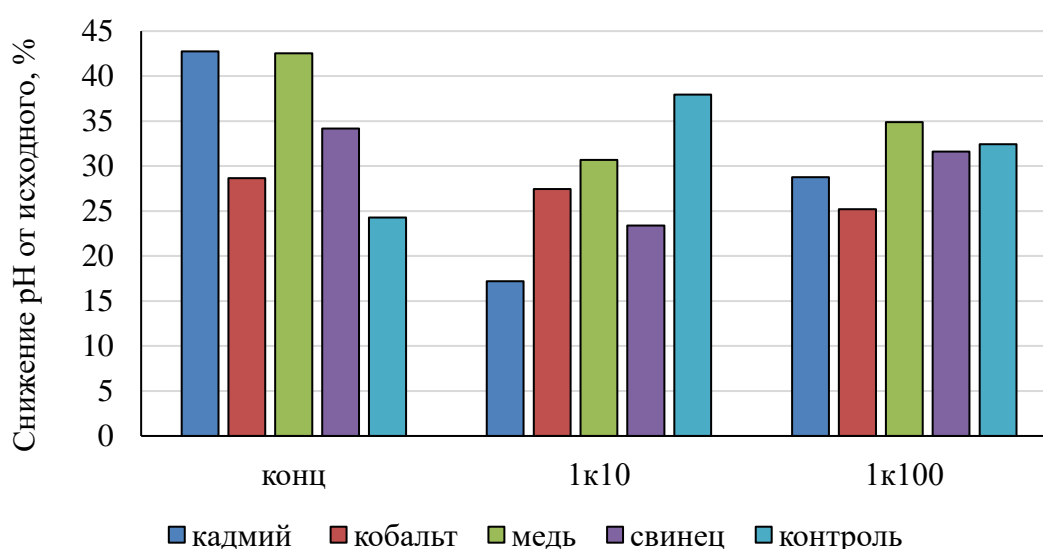


Рис. 5. Снижение кислотности воды в серии проб с «AQUA-EM-1» без нефтепродуктов

В осадке наибольшее подкисление среды также наблюдали в присутствии концентрированного препарата. Но при этом значимых различий рН между тяжелыми металлами при концентрации «AQUA-EM-1» 1к10 и 1к100 не было. При этих концентрациях препарата в контрольных пробах происходило большее подкисление осадка.

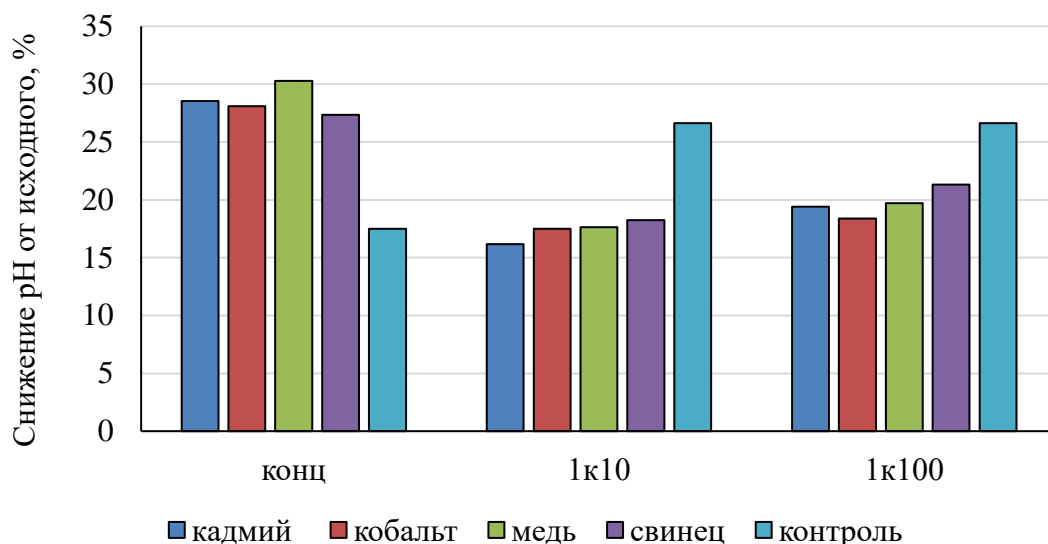


Рис. 6. Снижение кислотности осадка в серии проб с «AQUA-EM-1» без нефтепродуктов

2.3.2. Серия экспериментов с нефтью

При сравнении экспериментов с нефтью и без нее при отсутствии тяжелых металлов было выявлено, что закисление среды, как в воде, так и в осадке в серии с нефтепродуктами шло сильнее. Также фиксируется та же тенденция резкого закисления среды 3-4 неделю эксперимента.

Таблица 4. Кислотность воды и осадка в серии проб с «AQUA-EM-1» и нефтепродуктами

метал	концентрация	исходный	1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя	5 неделя	6 неделя
вода								
кадмий	конец	7,41	6,59	8,72	5,75	5,30	4,24	4,15
кадмий	1к10	7,13	6,57	8,22	7,69	4,18	3,30	5,65
кадмий	1к100	7,26	7,97	8,89	6,44	4,36	3,20	5,18
кобальт	конец	7,01	6,46	8,55	5,42	4,74	3,03	4,73
кобальт	1к10	6,50	7,40	8,87	5,90	4,02	4,15	4,84
кобальт	1к100	7,09	7,09	8,14	5,57	4,94	4,33	4,83
медь	конец	6,60	7,02	8,64	7,16	4,38	3,47	4,70
медь	1к10	6,98	7,34	8,93	5,02	5,40	3,98	4,92
медь	1к100	6,14	6,78	7,35	6,24	4,79	3,93	5,24
свинец	конец	6,39	7,79	7,17	5,98	5,43	3,25	4,71
свинец	1к10	7,52	6,28	8,83	5,06	4,01	4,16	4,82
свинец	1к100	6,39	7,99	8,88	7,42	4,55	4,94	4,95
контроль	конец	6,53	6,14	8,41	5,40	4,40	3,07	4,15
контроль	1к10	7,93	7,34	7,42	7,91	4,44	4,03	5,08
контроль	1к100	6,12	6,49	8,90	6,22	4,36	4,54	5,34
осадок								

кадмий	конц	6,80	6,16	6,29	7,48	6,38	5,51	4,83
кадмий	1к10	6,80	6,50	6,97	6,64	6,96	4,15	5,44
кадмий	1к100	6,80	5,17	6,12	6,84	6,04	4,40	5,38
кобальт	конц	6,80	5,34	7,52	6,24	6,04	5,95	4,95
кобальт	1к10	6,80	5,40	7,44	6,38	6,37	4,49	5,51
кобальт	1к100	6,80	5,03	6,05	7,53	6,42	5,17	5,60
медь	конц	6,80	6,39	7,96	7,10	6,97	5,16	5,00
медь	1к10	6,80	5,74	7,67	7,86	6,12	4,56	5,42
медь	1к100	6,80	5,91	7,36	6,29	6,28	5,44	5,73
свинец	конц	6,80	5,51	6,36	7,35	6,03	5,03	5,06
свинец	1к10	6,80	5,87	7,88	6,47	6,27	4,12	5,37
свинец	1к100	6,80	5,32	7,38	6,79	6,50	4,47	5,42
контроль	конц	6,80	5,38	6,21	7,22	6,23	5,01	5,06
контроль	1к10	6,80	6,48	6,27	7,34	6,74	5,47	5,65
контроль	1к100	6,80	6,84	7,86	6,93	6,32	5,92	5,62

При снижении концентрации биопрепарата «AQUA-EM-1» закисление среды снижалось. Наиболее устойчивой токсичностью обладал свинец и кадмий.

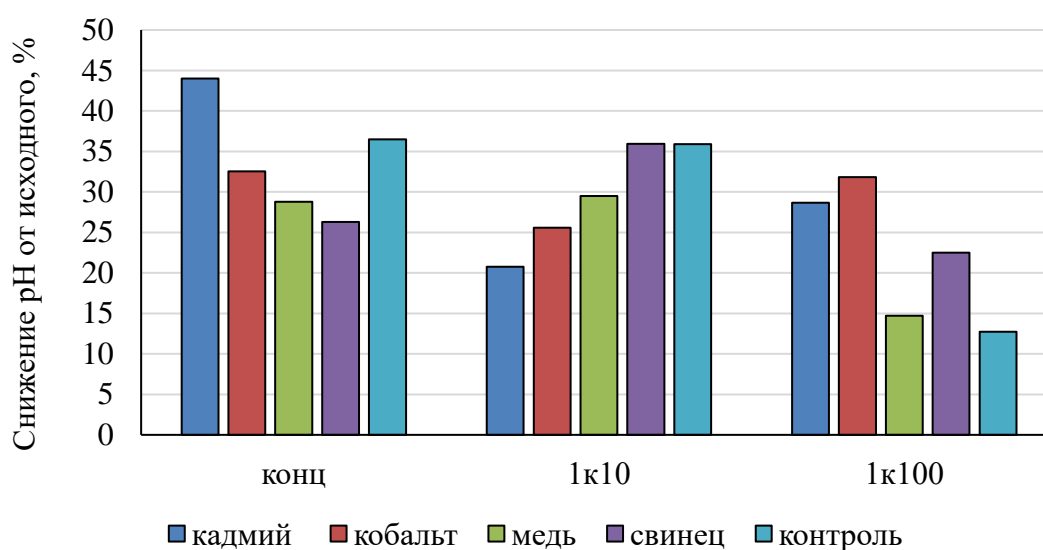


Рис. 7. Снижение рН в воде в серии проб с «AQUA-EM-1» и нефтепродуктами

Такая же тенденция наблюдалась и в осадке. При этом при использовании концентрации 1к10 и 1к100 значимых различий в кислотности среды не было зафиксировано.

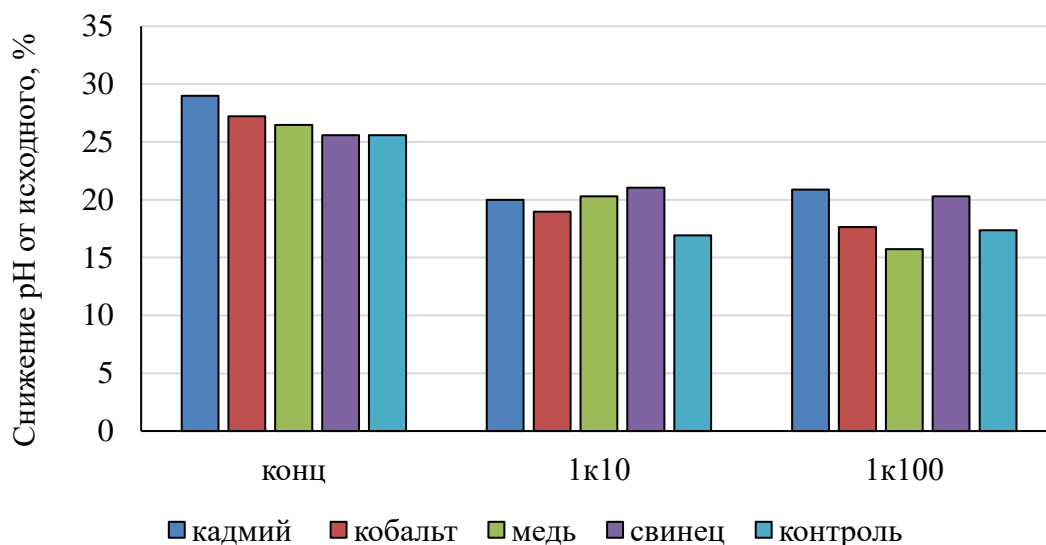


Рис. 8. Снижение рН в осадке в серии проб с «AQUA-EM-1» и нефтепродуктами

3. Тяжелые металлы

Тяжелые металлы в воде находятся в одной форме в подвижной (т.е. растворимой). В осадках тяжелые металлы могут находится в 4 формах: подвижной, связанной с органическими соединениями, связанная с карбонатами и гидратированная форма.

Наиболее токсичной является подвижная форма. Связанная с органическими соединениями также является токсичной так как может накапливаться в пищевых цепочках. Карбонатная и гидратированная форма тяжелых металлов самые инертные по отношению к окружающей среде. При этом депонирование в гидратированной форме ограничено, так как обусловлено физико-химическими свойствами металла и воды. Захоронение в карбонатной форме не имеет таких ограничений и зависит от рН среды и наличие в ней карбонат-иона.

3.1. Тяжелые металлы в воде

3.1.1. Серия экспериментов без нефти

С наибольшей интенсивностью в воде снижалась концентрация меди и свинца. Это объясняется меньшей токсичностью данных металлов по отношению к кобальту и кадмию. Наибольшая убыль кобальта и кадмия

наблюдается в присутствии концентрированного препарата «AQUA-EM-1». Свинец и медь с наибольшей интенсивностью убывают при использовании концентрации 1к10 и 1к100. При этом в серии экспериментов с концентрацией 1к100 убывание идет более медленно, чем в более концентрированных пробах.

Таблица 5. Концентрация тяжелых металлов в воде в серии проб с «AQUA-EM-1» без нефтепродуктов

	исходный	1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя	5 неделя	6 неделя
концентрированная							
кобальт	0,1	0,044	0,017	0,016	0,014	0,020	0,0056
кадмий	0,1	0,042	0,018	0,012	0,009	0,025	0,0067
медь	0,1	0,041	0,018	0,015	0,008	0,032	0,0005
свинец	0,1	0,042	0,018	0,013	0,011	0,028	0,0003
1к10							
кобальт	0,1	0,039	0,021	0,015	0,010	0,023	0,0063
кадмий	0,1	0,046	0,018	0,017	0,011	0,018	0,0068
медь	0,1	0,050	0,017	0,016	0,012	0,021	0,0001
свинец	0,1	0,049	0,017	0,015	0,011	0,023	0,0001
1к100							
кобальт	0,1	0,045	0,022	0,014	0,009	0,016	0,0085
кадмий	0,1	0,037	0,014	0,014	0,009	0,030	0,0099
медь	0,1	0,046	0,022	0,013	0,013	0,020	0,0001
свинец	0,1	0,046	0,018	0,017	0,012	0,024	0,0001

На графике 7 видно, что со 2 по 5 неделю эксперимента наблюдается плато в изменении концентрации тяжелых металлов, а на 5 неделю происходит увеличение их концентрации. Также согласно предыдущим анализам в этом период повышается кислотность среды. Данное явление может объясняться депонирование тяжелых металлов в осадке и их выходе из него при снижении рН. Такое явление возможно при образовании карбонатной формы тяжелых металлов в осадках. Наиболее токсичными для препарата «AQUA-EM-1» были кадмий и свинец, а наименее медь.

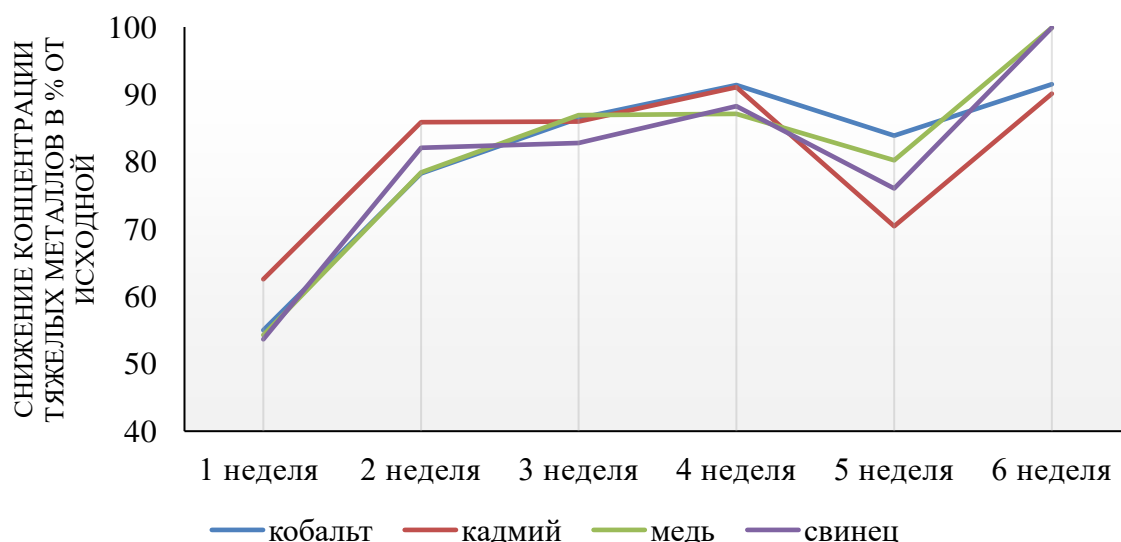


Рис. 9. Изменение концентрации тяжелых металлов в воде в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 без нефтепродуктов

Общее микробное число незначительно колебалось во время проведения эксперимента. Только на 5 неделю наблюдали снижение численности в контроле и в присутствии кобальта и рост в пробах с медью и кадмием.

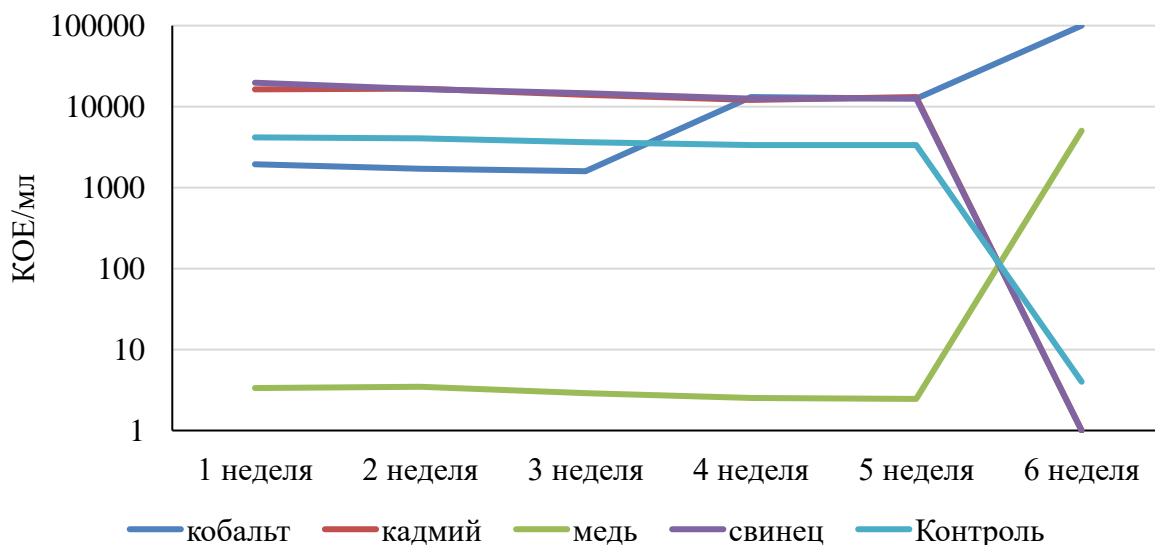


Рис. 10. Общее микробное число в воде в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 без нефтепродуктов

Динамика роста лактобацилл и дрожжей была одинаковой: на 5 неделю эксперимента наблюдали резкое снижение их численности. Данное явление вызванное тем, что тестируемые культуры перешли в фазу отмирания, характерную для конца модельных экспериментов.

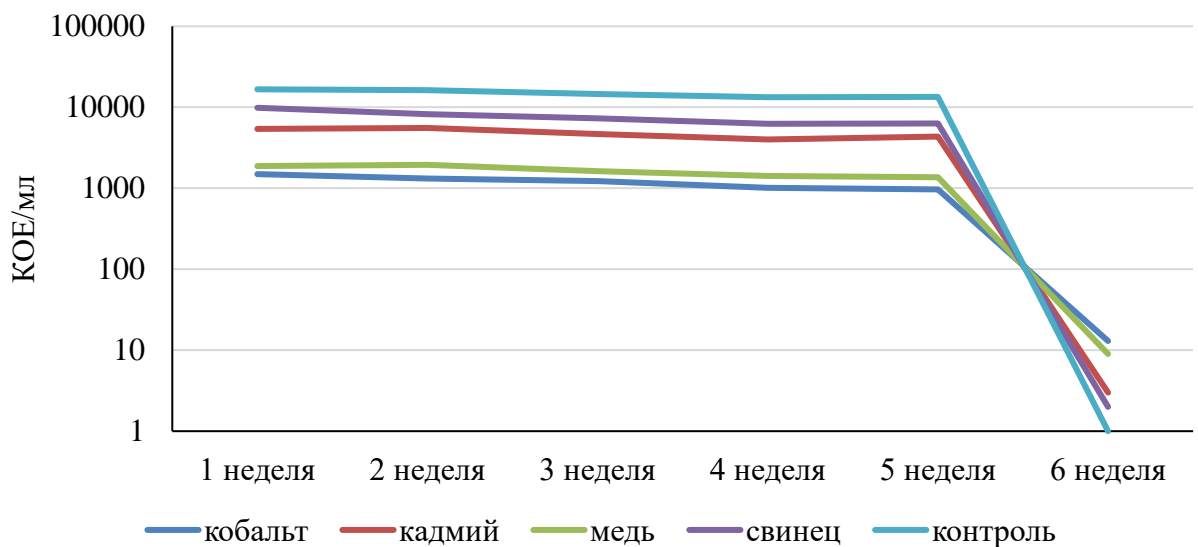


Рис. 11. Численность лактобацилл воде в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 без нефтепродуктов

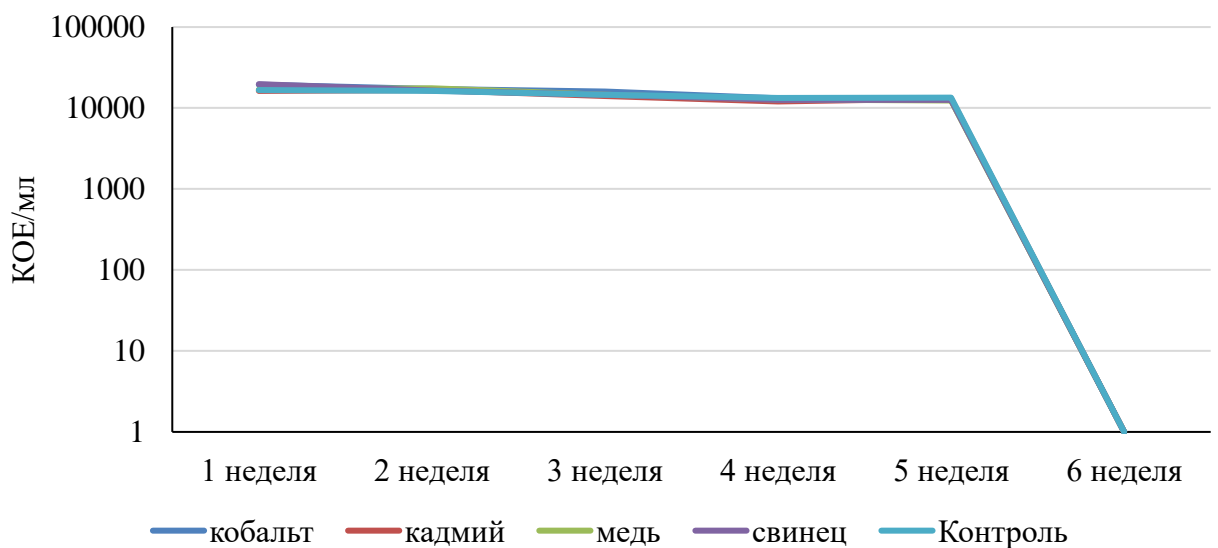


Рис. 12. Численность дрожжей воде в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 без нефтепродуктов

3.1.2. Серия экспериментов с нефтью

В целом в экспериментах с нефтепродуктами наблюдается такая же тенденция, как и в серии экспериментов без нефти. Также на 5 недели наблюдается эпизодическое увеличение тяжелых металлов воде, сопровождаемая увеличением рН.

Таблица 6. Концентрация тяжелых металлов в серии проб с «AQUA-EM-1» и нефтепродуктами

конц	исходный	1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя	5 неделя	6 неделя
концентрированный							
кобальт	0,1	0,047	0,015	0,017	0,012	0,025	0,0007
кадмий	0,1	0,046	0,022	0,017	0,013	0,012	0,0071
медь	0,1	0,043	0,018	0,018	0,010	0,029	0,0001
свинец	0,1	0,047	0,016	0,015	0,008	0,029	0,0001
1к10							
кобальт	0,1	0,043	0,020	0,013	0,008	0,029	0,0001
кадмий	0,1	0,046	0,023	0,013	0,009	0,022	0,0005
медь	0,1	0,041	0,022	0,016	0,012	0,025	0,0001
свинец	0,1	0,041	0,021	0,015	0,009	0,029	0,0001
1к100							
кобальт	0,1	0,039	0,016	0,015	0,011	0,029	0,0053
кадмий	0,1	0,038	0,018	0,014	0,009	0,029	0,0067
медь	0,1	0,044	0,018	0,016	0,013	0,024	0,0001
свинец	0,1	0,050	0,022	0,015	0,015	0,013	0,0001

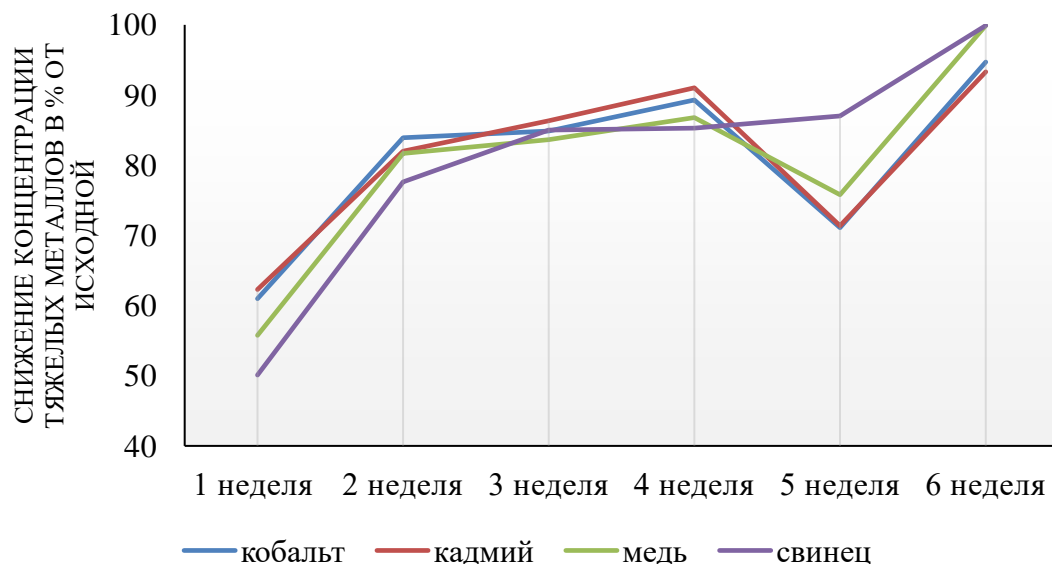


Рис. 13. Снижение концентрации тяжелых металлов в воде в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 и нефтепродуктами

При исследовании общей микробной численности после периода адаптации на 5 неделю наблюдается резкий рост в серии экспериментов с

медью и кобальтом. В присутствии кадмия и свинца на 5 неделю наблюдается фаза отмирания.

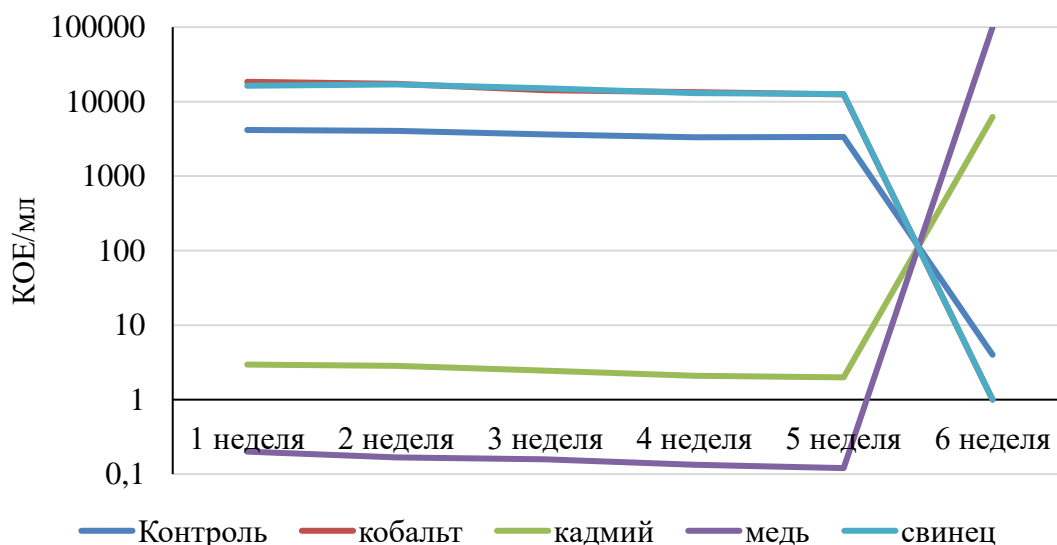


Рис. 14. Общее микробное число в воде в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 и нефтепродуктами

Также как и в серии экспериментов без нефти численность лактобацилл и дрожжей развивается в одинаковой динамике и снижается на 5 и 6 неделю.

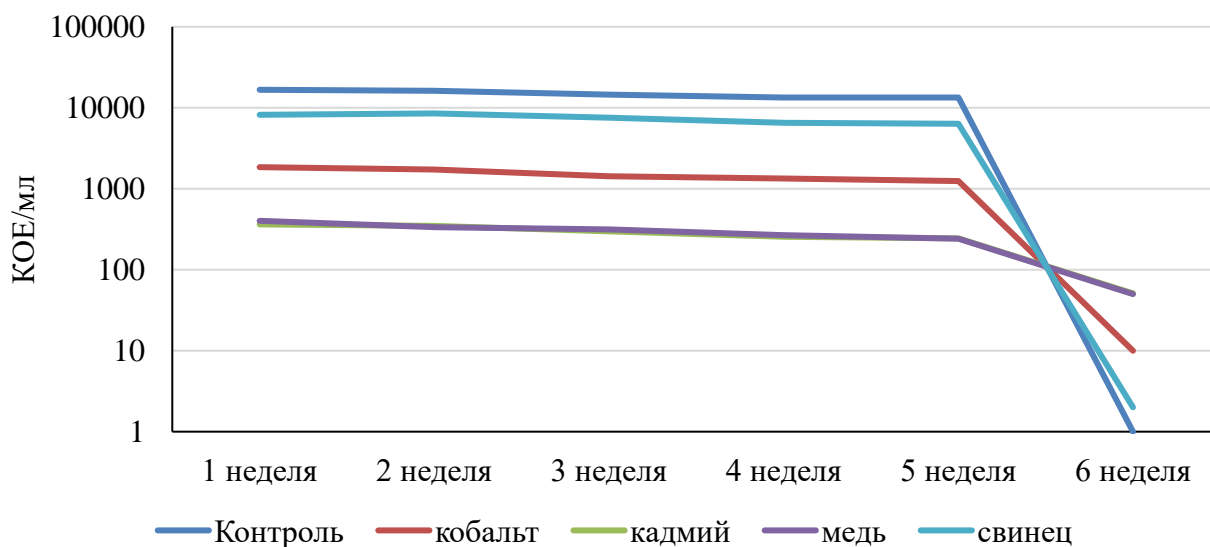


Рис. 15. Численность лактобацилл в воде в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 и нефтепродуктами

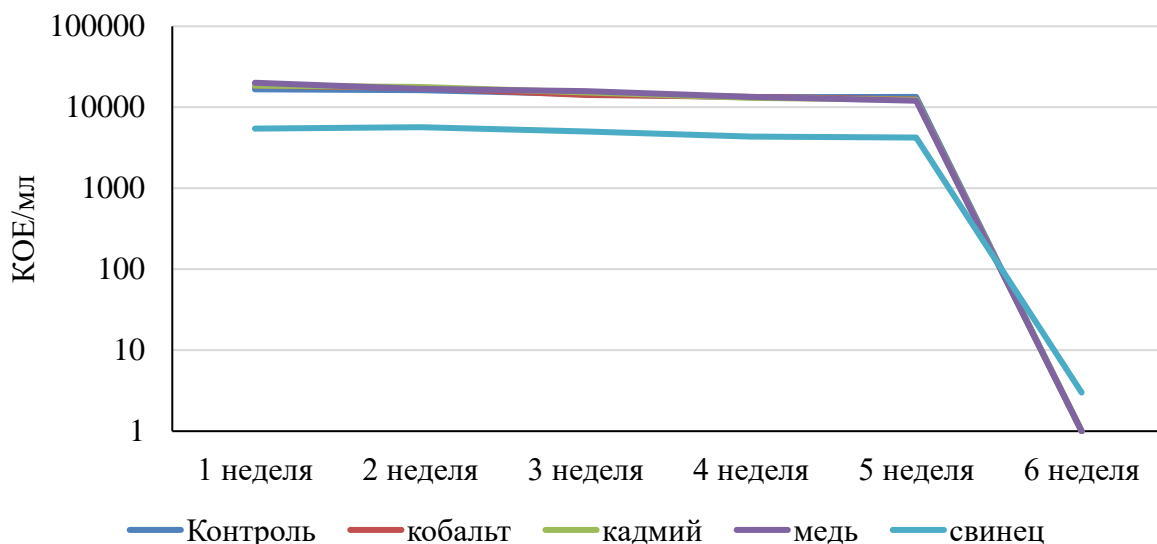


Рис. 16. Численность дрожжей в воде в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 и нефтепродуктами

Убыль нефтепродуктов в воде с наибольшей интенсивностью проходил в пробах в присутствии кобальта, меди и в контроле. Степень биодеструкции нефтепродуктов составила от 70 до 90 %. Данные показатели являются стандартными для биопрепаратов.

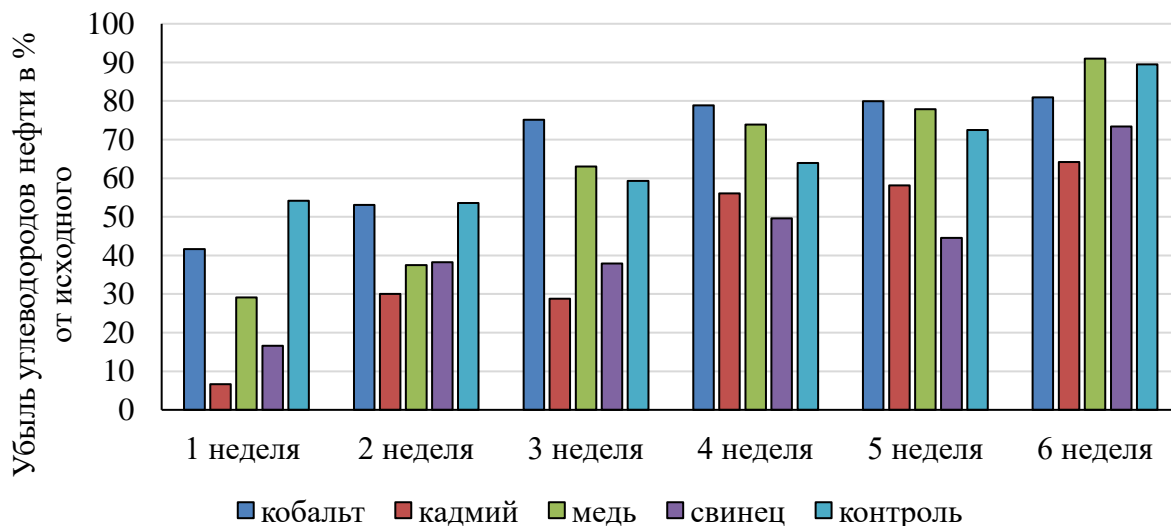


Рис. 17. Степень биодеструкции углеводородов нефти в воде в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 и нефтепродуктами

4. Тяжелые металлы в осадке

4.1. Серия экспериментов без нефти

Общая численность микроорганизмов в осадке без нефтепродуктов также как и в воде в присутствии кобальта и в контроле резко падает на 5 неделе эксперимента. В остальных параллелях (кадмий, медь и свинец) наблюдается незначительный рост.

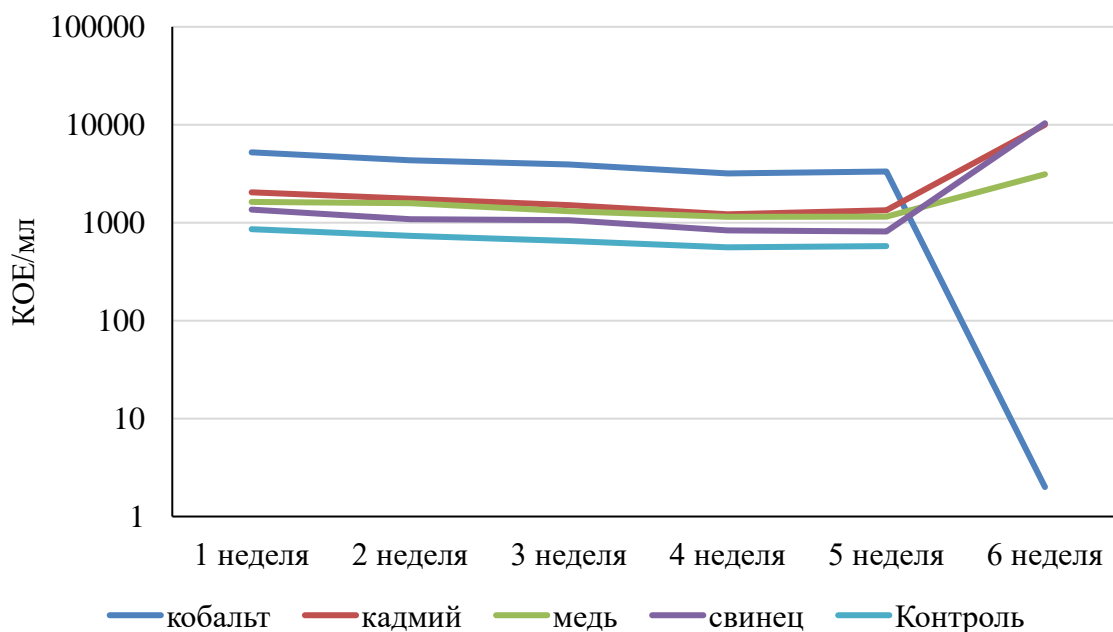


Рис. 18. Общее микробное число в осадке в серии проб с «AQUA-EM-1» 1×10^3 без нефтепродуктов

На 5 неделя эксперимента в пробах в присутствии кобальта, кадмия и меди наблюдается резкий рост лактобацилл на 2-4 порядка. В контроле и в присутствии кадмия происходит незначительное снижение численности данной группы микроорганизмов.

Количество дрожжей резко снижается после 5 недели эксперимента.

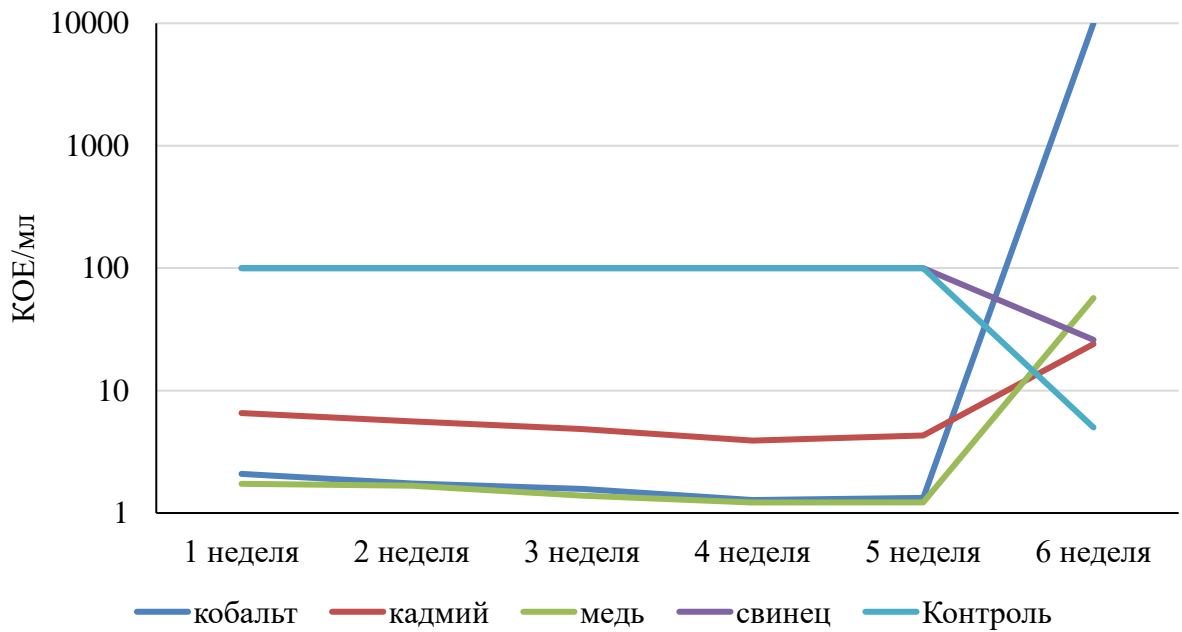


Рис. 19. Численность лактобацилл в осадке в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 без нефтепродуктов

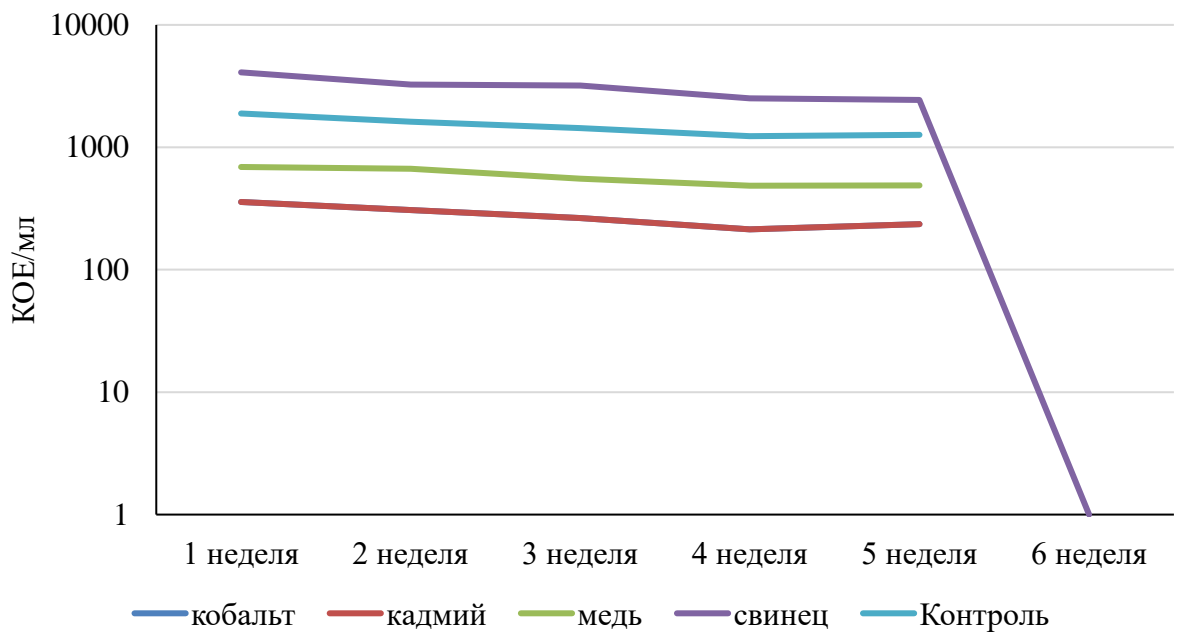


Рис. 20. Численность дрожжей в осадке в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 без нефтепродуктов

В экспериментах с кадмием в осадке происходит плавное снижение численности подвижных и гидратированных форм. Количество органических форм кадмия плавно увеличивается.

Карбонатные формы подвержены наибольшему колебанию. Так на 5 неделю эксперимента наблюдается резкое снижение данной формы кадмия в

осадке. Это явление сопровождается началом фазы отмирания у дрожжей и закислением среды. Скорее всего это связано с ограничениями модельного эксперимента в которых биопрепарат ограничен в источниках питания и поэтому уходит в стадию отмирания.

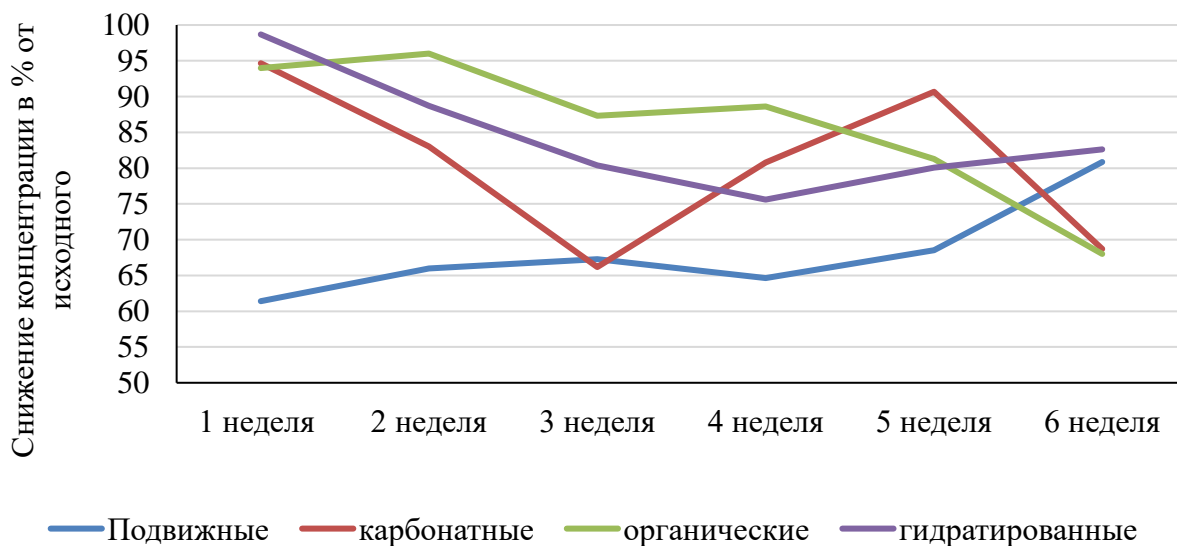


Рис. 21. Изменение концентрации кобальта в осадке в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 без нефтепродуктов

Похожая тенденция наблюдается при исследовании изменений концентрации свинца.

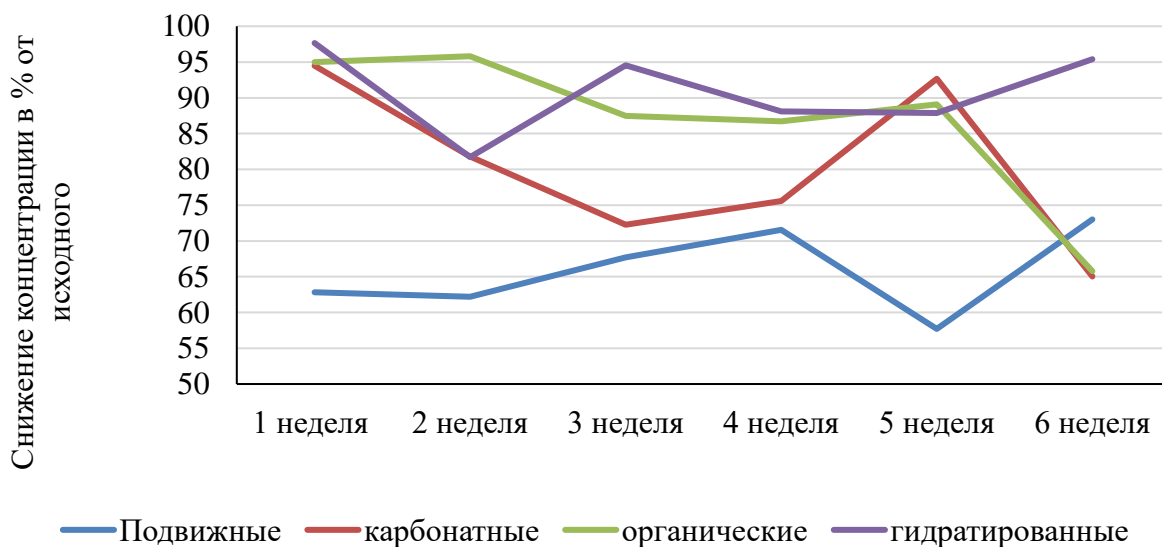


Рис. 22. Изменение концентрации кобальта в осадке в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 без нефтепродуктов

С исключением практической неизменной концентрацией гидратированных форм, что вызвано физико-химическими свойствами свинца.

Более резкие колебания карбонатной формы металла в осадке наблюдается в присутствии меди и кадмия.

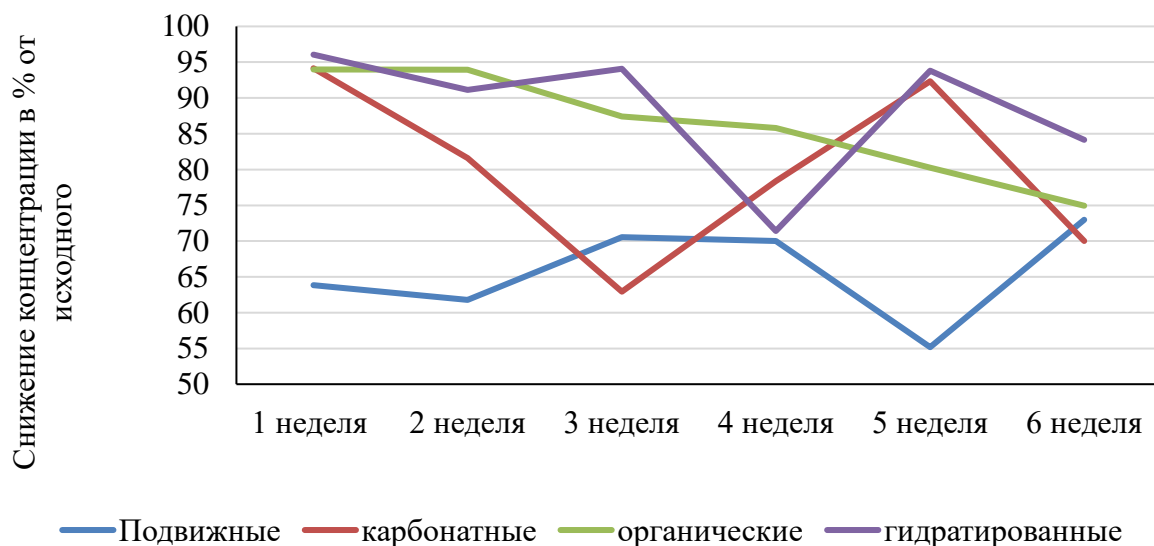


Рис. 23. Изменение концентрации кадмий в осадке в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 без нефтепродуктов

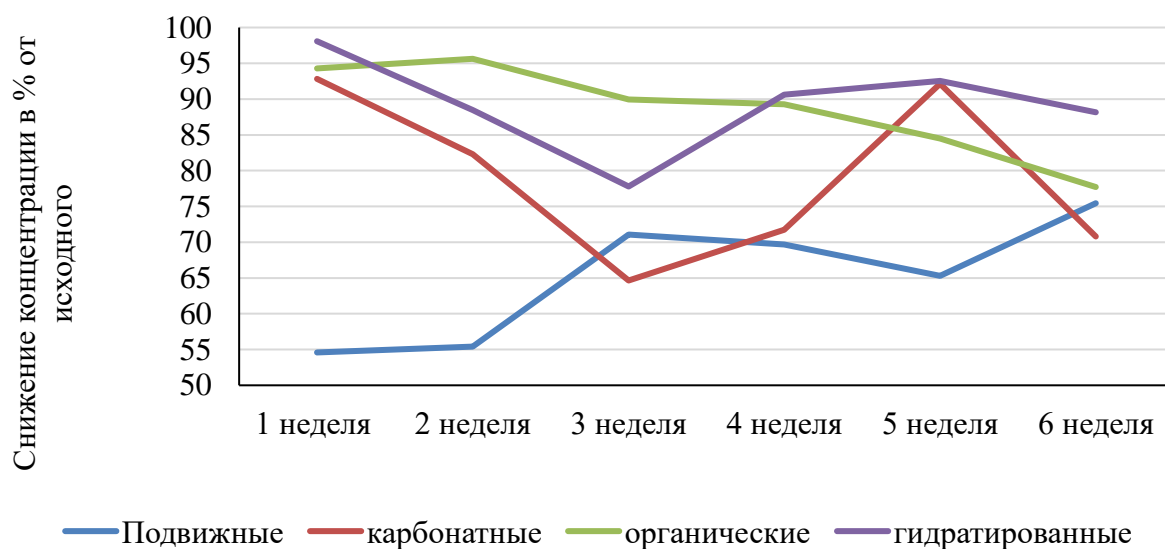


Рис. 24. Изменение концентрации меди в осадке в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 без нефтепродуктов

На 3 сутки наблюдается наибольшее накопление данной формы, а на 5 сутки наименьшее. Снижение концентрации также сопровождается увеличением кислотности среды и отмиранием дрожжей.

4.2. Серия экспериментов с нефтью

В экспериментах с нефтью также как и в предыдущих результатах наблюдается резкое изменение численности микроорганизмов на 5 недели эксперимента. Происходит увеличение численности в присутствии свинца, а уменьшение в контроле, с медью, кобальтом и кадмием.

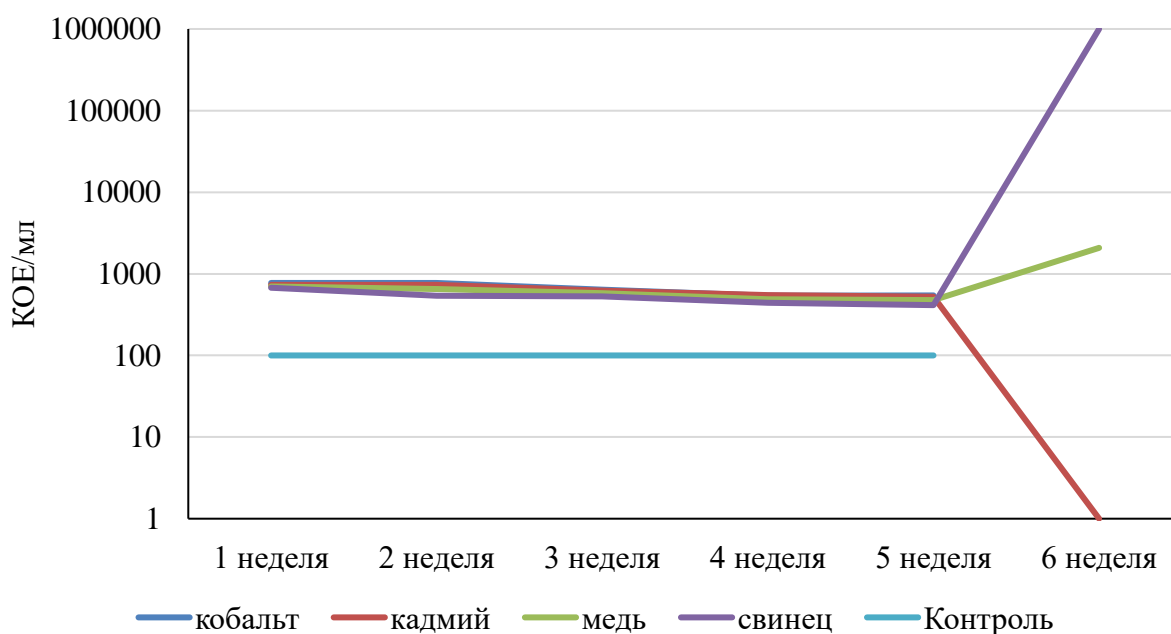


Рис. 25. Общее микробное число в осадке в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 и нефтепродуктами

Численность лактобацилл на 5 неделе резко снижается только в присутствии кобальта, в пробах с остальными тестируемыми тяжелыми металлами, наоборот, фиксировали рост на более чем 2 порядка. В контроле численность лактобацилл менялась незначительно.

Количество дрожжей резко снижается на 5 недели во всех пробах, кроме кадмия. Наименьшая численность дрожжей наблюдали в пробах с медью.

Более продолжительный рост тестируемых микроорганизмов в серии экспериментов с нефтью, объясняется тем, что нефть сама является источником питания для микроорганизмов входящих в состав «AQUA-EM-1».

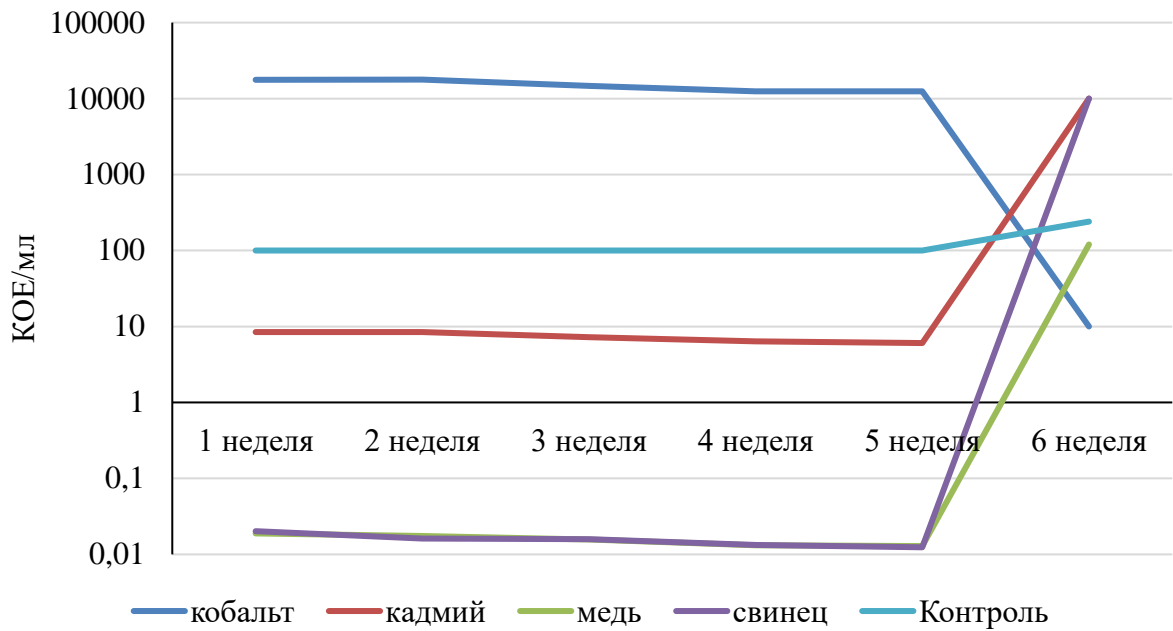


Рис. 26. Численность лактобацилл в осадке в серии проб с «AQUA-EM-1» 1×10^0 и нефтепродуктами

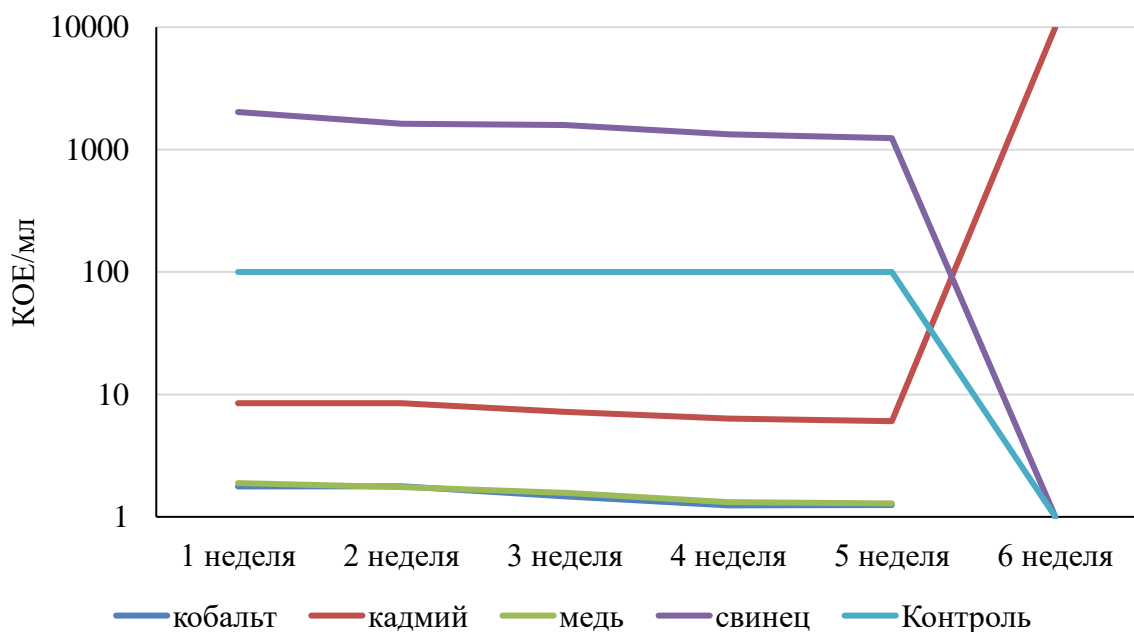


Рис. 27. Численность дрожжей в осадке в серии проб с «AQUA-EM-1» 1×10^0 и нефтепродуктами

Нефть увеличивала стабильность карбонатных и гидратированных форм тяжелых металлов. При этом также как и в серии без нефтепродуктов на 5 недели эксперимента фиксировали увеличение кислотности среды, снижение численности дрожжей и повышение концентрации тестируемых тяжелых металлов в воде.

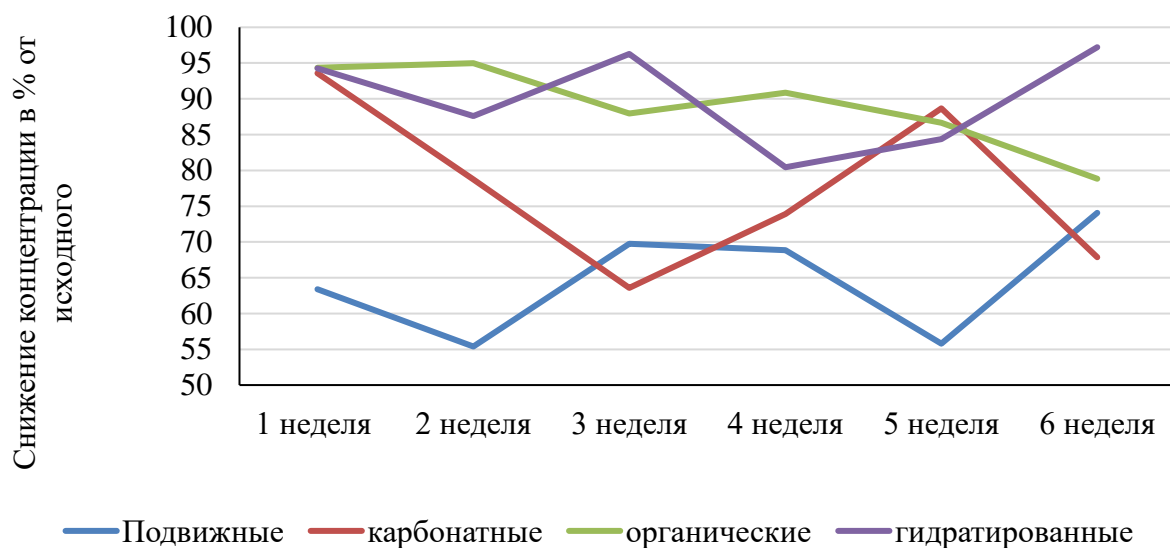


Рис. 28. Изменение концентрации кобальта в осадке в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 с нефтепродуктами

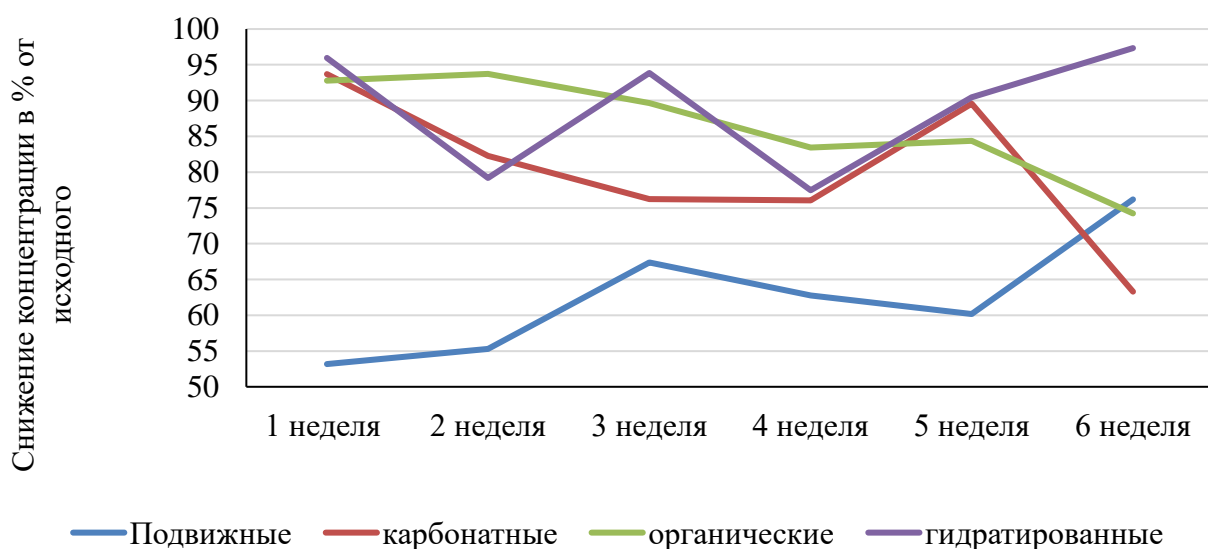


Рис. 29. Изменение концентрации кадмий в осадке в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 с нефтепродуктами

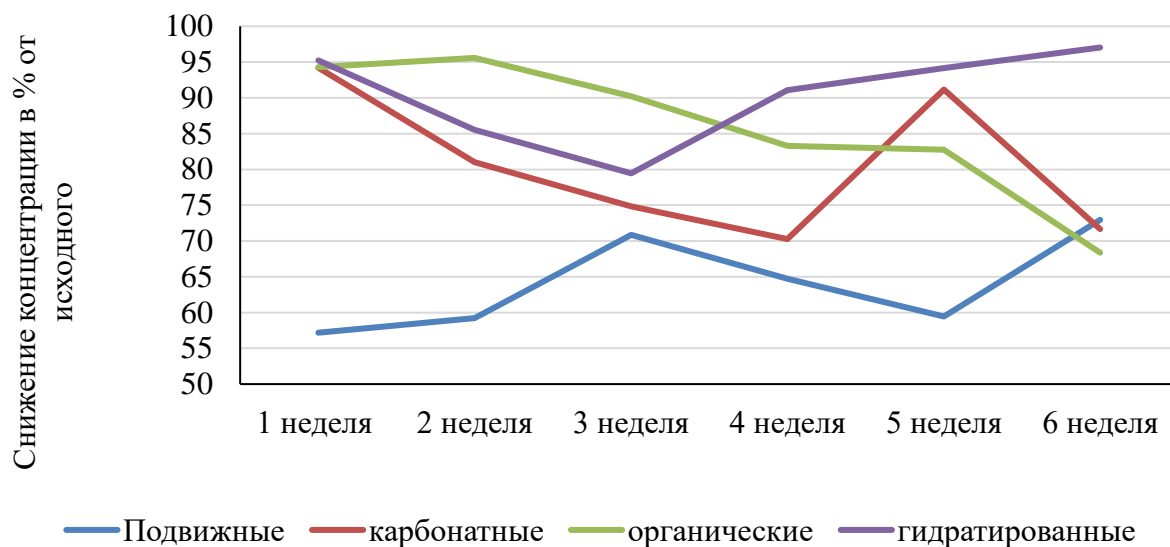


Рис. 30. Изменение концентрации меди в осадке в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 с нефтепродуктами

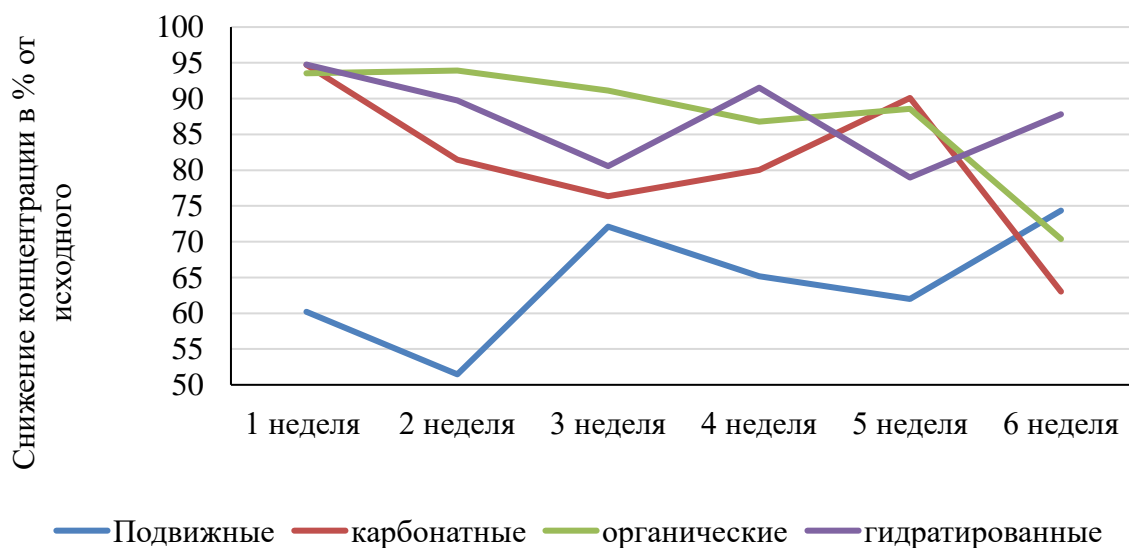


Рис. 31. Изменение концентрации свинца в осадке в серии проб с «AQUA-EM-1» 1 к100 с нефтепродуктами

ВЫВОДЫ

1. В модельном эксперименте наибольшая продолжительность эксперимента составила 5 недель.

2. Кислотность среды воды и осадка повышается. Наименьших значений рН пробы в эксперименте достигали на 5 и 6 неделю эксперимента.

3. Концентрации тяжелых металлов в воде снижается до 5 недели. После этого резко возрастает и снова снижается на 6 неделю. Данная тенденции совпадает с колебанием концентрации карбонатных форм металлов в осадке. Также на 5 неделю эксперимента происходит резкое снижение численности дрожжей.

4. В осадках происходит снижение подвижных форм тестируемых тяжелых металлов, которые являются наиболее токсичными. Происходит плавное увеличение концентрации гидратированных и органических форм. Карбонатные формы увеличиваются с наибольшей интенсивностью, но их концентрация резко снижается при уменьшении численности дрожжей и снижения кислотности среды.

5. Нефтепродукты снижали токсичность тяжелых металлов по отношению к микроорганизмам входящим в состав биопрепарата «AQUA-EM-1». Нефть слабое токсичное действие на биопрепарат. Снижение концентрации углеводов колебалось от 70 до 90 % за 6 недель.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1. Концентрация тяжелых металлов в осадке без нефти

Время экспоз.	Тяжелые металлы	кобальт	кадмий	медь	свинец	кобальт	кадмий	медь	свинец	кобальт	кадмий	медь	свинец
	«AQUA-EM-1»	концентрированный				1к10				1к100			
	исходный	0,1				0,1				0,1			
1 неделя	подвижные	0,04292	0,04528	0,04184	0,04451	0,04379	0,03984	0,04065	0,03285	0,04117	0,04253	0,04707	0,04038
	карбонатные	0,00632	0,00688	0,00686	0,00606	0,00582	0,00711	0,00605	0,00495	0,00606	0,00596	0,00583	0,00609
	органические	0,00507	0,00560	0,00670	0,00546	0,00586	0,00674	0,00556	0,00488	0,00608	0,00583	0,00671	0,00542
	гидратированные	0,00172	0,00047	0,00341	0,00188	0,00000	0,00740	0,00147	0,00761	0,00530	0,00067	0,00294	0,00238
2 неделя	подвижные	0,04721	0,04701	0,04331	0,04005	0,04007	0,04347	0,04597	0,04605	0,03658	0,04645	0,03969	0,04083
	карбонатные	0,01903	0,02109	0,01784	0,01794	0,01721	0,01578	0,02048	0,02033	0,01961	0,01679	0,01871	0,01827
	органические	0,00780	0,00725	0,00452	0,00545	0,00585	0,00402	0,00607	0,00621	0,00431	0,00778	0,00666	0,00653
	гидратированные	0,00867	0,00700	0,01641	0,01818	0,01442	0,01524	0,00944	0,01040	0,01860	0,00723	0,02080	0,01276
3 неделя	подвижные	0,02817	0,02917	0,02974	0,02861	0,03154	0,03384	0,03002	0,02900	0,03034	0,03126	0,03363	0,02899
	карбонатные	0,03662	0,02992	0,03341	0,02889	0,02360	0,02194	0,02428	0,03277	0,02440	0,03394	0,02588	0,02590
	органические	0,00950	0,00962	0,01055	0,01297	0,00989	0,00872	0,00931	0,00893	0,00935	0,01251	0,01171	0,00972
	гидратированные	0,00927	0,01964	0,01081	0,01631	0,01778	0,02076	0,01965	0,01340	0,02073	0,00872	0,01472	0,02231
4 неделя	подвижные	0,03282	0,03747	0,03190	0,03308	0,02945	0,03141	0,02901	0,03265	0,03580	0,03018	0,03615	0,03411
	карбонатные	0,02080	0,02415	0,02549	0,01897	0,01841	0,02779	0,01738	0,02648	0,01666	0,02207	0,03128	0,02601
	органические	0,00882	0,00965	0,01054	0,01610	0,01437	0,01609	0,01007	0,01433	0,01770	0,01511	0,01149	0,01072
	гидратированные	0,02404	0,02006	0,02402	0,02041	0,02359	0,01448	0,03267	0,01483	0,02080	0,02404	0,01214	0,01629
5 неделя	подвижные	0,03900	0,03548	0,03346	0,03253	0,04539	0,04465	0,04346	0,04102	0,04260	0,03924	0,03644	0,04456
	карбонатные	0,00776	0,00998	0,00961	0,00872	0,00717	0,01014	0,01106	0,00962	0,00729	0,00916	0,01032	0,01150
	органические	0,01253	0,01862	0,00710	0,00974	0,01244	0,00844	0,01567	0,00874	0,01137	0,01051	0,01328	0,00971
	гидратированные	0,02109	0,01071	0,01748	0,02121	0,01180	0,01371	0,01178	0,01913	0,01016	0,02495	0,01038	0,01444
6 неделя	подвижные	0,02382	0,02342	0,02884	0,02768	0,02780	0,02444	0,02604	0,02903	0,02952	0,02673	0,02452	0,02541
	карбонатные	0,02967	0,03578	0,03160	0,03718	0,03007	0,03659	0,02856	0,03658	0,03383	0,03435	0,02918	0,03025
	органические	0,03059	0,02180	0,03048	0,03410	0,02669	0,03263	0,01895	0,02643	0,02833	0,02806	0,02031	0,03476
	гидратированные	0,01032	0,01229	0,00858	0,00075	0,01544	0,00004	0,01965	0,00785	0,00821	0,00236	0,01609	0,00958

Приложение 2. Численность микроорганизмов в осадке (А - ОМЧ, Б – Дрожжи, В - Лактобациллы)

Время, неделя	Кобальт	Кадмий	Медь	Свинец	Контроль	Кобальт	Кадмий	Медь	Свинец	Контроль	Кобальт	Кадмий	Медь	Свинец	Контроль	
«AQUA-EM-1»	концентрат					1к10					1к100					
Исх	А	7	7	10	7	9	9	10	8	8	9	8	9	9	8	9
	Б	152	243	88	177	184	71	86	97	99	54	35	48	51	17	75
	В	103	163	101	104	132	63	32	50	70	66	25	24	20	21	9
1	А	1,80	1,73	19829,30	202,46	15,95	1,75	79,47	1,97	1306,74	1076,72	0,19	16270,70	3,36	19723,76	4169,21
	Б	31,39	40,15	3304,88	149,97	10206,18	215,87	183,77	1313,54	326,68	153,82	1495,29	5423,57	1881,61	9861,88	16676,85
	В	4512,06	8671,78	440,65	20246,19	1855,67	8742,79	17642,30	19703,04	6098,10	17227,44	19438,75	16270,70	16934,53	19723,76	16676,85
2	А	1,62	1,75	17754,64	174,14	13,37	1,71	74,74	1,71	1268,86	1054,96	0,17	16670,24	3,48	16415,53	4066,44
	Б	28,25	40,40	2959,11	128,99	8554,09	211,19	172,84	1138,22	317,21	150,71	1318,15	5556,75	1947,18	8207,77	16265,74
	В	4060,77	8727,27	394,55	17413,84	1555,29	8553,33	16592,79	17073,27	5921,34	16879,35	17135,96	16670,24	17524,58	16415,53	16265,74
3	А	1,50	1,60	14346,63	145,57	11,64	1,52	66,49	1,54	1061,54	956,75	0,16	14044,34	2,90	14584,75	3648,42
	Б	26,12	36,93	2391,10	107,83	7450,31	188,09	153,76	1028,17	265,39	136,68	1225,60	4681,45	1621,58	7292,38	14593,66
	В	3754,33	7975,82	318,81	14557,00	1354,60	7617,69	14760,63	15422,49	4953,86	15308,01	15932,84	14044,34	14594,21	14584,75	14593,66
4	А	1,25	1,22	12881,21	120,65	9,88	1,31	55,04	1,39	862,23	796,29	0,13	12068,81	2,53	12557,59	3337,91
	Б	21,70	28,26	2146,87	89,37	6321,81	161,55	127,28	925,03	215,56	113,76	1013,69	4022,94	1414,82	6278,80	13351,66
	В	3119,05	6104,11	286,25	12064,83	1149,42	6542,89	12219,09	13875,38	4023,74	12740,57	13177,93	12068,81	12733,34	12557,59	13351,66
5	А	1,30	1,34	13158,85	129,11	9,47	1,27	58,02	1,27	861,64	811,72	0,13	13096,05	2,45	12659,95	3351,19
	Б	22,54	31,10	2193,14	95,63	6059,30	157,25	134,16	848,06	215,41	115,96	966,44	4365,35	1374,26	6329,97	13404,77
	В	3240,51	6716,56	292,42	12910,70	1101,69	6368,78	12879,78	12720,86	4020,97	12987,55	12563,76	13096,05	12368,36	12659,95	13404,77
6	А	10000	10000	1	100	1280	10000	222	10000	14	16	100000	1	5040	1	4
	Б	575	432	6	135	2	81	96	15	56	112	13	3	9	2	1
	В	4	2	45	1	11	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1

Приложение 3. Концентрация тяжелых металлов в осадке с нефтью

Время, экспоз.	Тяжелые металлы	кобальт	кадмий	медь	свинец	кобальт	кадмий	медь	свинец	кобальт	кадмий	медь	свинец
		концентрат				1к10				1к100			
	исходный	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1 неделя	подвижные	0,04292	0,04528	0,04184	0,04451	0,04379	0,03984	0,04065	0,03285	0,04117	0,04253	0,04707	0,04038
	карбонатные	0,00632	0,00688	0,00686	0,00606	0,00582	0,00711	0,00605	0,00495	0,00606	0,00596	0,00583	0,00609
	органические	0,00507	0,00560	0,00670	0,00546	0,00586	0,00674	0,00556	0,00488	0,00608	0,00583	0,00671	0,00542
	гидратированные	0,00172	0,00047	0,00341	0,00188	0,00000	0,00740	0,00147	0,00761	0,00530	0,00067	0,00294	0,00238
2 неделя	подвижные	0,04721	0,04701	0,04331	0,04005	0,04007	0,04347	0,04597	0,04605	0,03658	0,04645	0,03969	0,04083
	карбонатные	0,01903	0,02109	0,01784	0,01794	0,01721	0,01578	0,02048	0,02033	0,01961	0,01679	0,01871	0,01827
	органические	0,00780	0,00725	0,00452	0,00545	0,00585	0,00402	0,00607	0,00621	0,00431	0,00778	0,00666	0,00653
	гидратированные	0,00867	0,00700	0,01641	0,01818	0,01442	0,01524	0,00944	0,01040	0,01860	0,00723	0,02080	0,01276
3 неделя	подвижные	0,02817	0,02917	0,02974	0,02861	0,03154	0,03384	0,03002	0,02900	0,03034	0,03126	0,03363	0,02899
	карбонатные	0,03662	0,02992	0,03341	0,02889	0,02360	0,02194	0,02428	0,03277	0,02440	0,03394	0,02588	0,02590
	органические	0,00950	0,00962	0,01055	0,01297	0,00989	0,00872	0,00931	0,00893	0,00935	0,01251	0,01171	0,00972
	гидратированные	0,00927	0,01964	0,01081	0,01631	0,01778	0,02076	0,01965	0,01340	0,02073	0,00872	0,01472	0,02231
4 неделя	подвижные	0,03282	0,03747	0,03190	0,03308	0,02945	0,03141	0,02901	0,03265	0,03580	0,03018	0,03615	0,03411
	карбонатные	0,02080	0,02415	0,02549	0,01897	0,01841	0,02779	0,01738	0,02648	0,01666	0,02207	0,03128	0,02601
	органические	0,00882	0,00965	0,01054	0,01610	0,01437	0,01609	0,01007	0,01433	0,01770	0,01511	0,01149	0,01072
	гидратированные	0,02404	0,02006	0,02402	0,02041	0,02359	0,01448	0,03267	0,01483	0,02080	0,02404	0,01214	0,01629
5 неделя	подвижные	0,03900	0,03548	0,03346	0,03253	0,04539	0,04465	0,04346	0,04102	0,04260	0,03924	0,03644	0,04456
	карбонатные	0,00776	0,00998	0,00961	0,00872	0,00717	0,01014	0,01106	0,00962	0,00729	0,00916	0,01032	0,01150
	органические	0,01253	0,01862	0,00710	0,00974	0,01244	0,00844	0,01567	0,00874	0,01137	0,01051	0,01328	0,00971
	гидратированные	0,02109	0,01071	0,01748	0,02121	0,01180	0,01371	0,01178	0,01913	0,01016	0,02495	0,01038	0,01444
6 неделя	подвижные	0,02382	0,02342	0,02884	0,02768	0,02780	0,02444	0,02604	0,02903	0,02952	0,02673	0,02452	0,02541
	карбонатные	0,02967	0,03578	0,03160	0,03718	0,03007	0,03659	0,02856	0,03658	0,03383	0,03435	0,02918	0,03025
	органические	0,03059	0,02180	0,03048	0,03410	0,02669	0,03263	0,01895	0,02643	0,02833	0,02806	0,02031	0,03476
	гидратированные	0,01032	0,01229	0,00858	0,00075	0,01544	0,00004	0,01965	0,00785	0,00821	0,00236	0,01609	0,00958

Приложение 4. Численность микроорганизмов в осадке с нефтью (А - ОМЧ, Б – Дрожжи, В - Лактобациллы)

Врем, неделя		Кобальт	Кадмий	Медь	Свинец	Контроль	Кобальт	Кадмий	Медь	Свинец	Контроль	Кобальт	Кадмий	Медь	Свинец
		Концентрат					1к10					1к100			
Исх.	А	13	16	17	21	28	18	19	26	29	25	22	23	24	27
	Б	9	8	7	7	8	9	9	8	7	9	8	9	8	8
	В	267	193	147	73	169	72	91	74	89	69	26	72	17	43
1	А	121	181	146	182	118	62	55	46	37	66	24	22	10	9
	Б	0,0	20917,2	38,0	0,2	16570,8	0,2	19304,6	682,5	18379,3	16655,7	18472,3	3,0	0,2	16331,9
	В	137,7	597,6	20,1	71,5	5523,6	289,4	1206,5	20475,4	18379,3	198,3	1847,2	362,8	401,8	8165,9
2	А	18723,3	1494,1	16853,9	17159,0	16570,8	6752,1	19304,6	2559,4	18379,3	16655,7	18472,3	18502,5	20090,5	5444,0
	Б	0,0	16677,2	39,5	0,2	17881,6	0,2	17132,6	573,9	17153,0	16097,3	17320,0	2,8	0,2	17028,1
	В	126,0	476,5	20,9	69,2	5960,5	241,7	1070,8	17217,1	17153,0	191,6	1732,0	348,1	336,4	8514,1
3	А	17133,5	1191,2	17529,4	16614,2	17881,6	5638,6	17132,6	2152,1	17153,0	16097,3	17320,0	17750,9	16819,4	5676,0
	Б	0,0	14759,3	31,7	0,2	14047,0	0,2	14142,4	513,3	15279,4	14342,7	14199,0	2,4	0,2	15120,6
	В	109,1	421,7	16,8	63,6	4682,3	218,4	883,9	15399,5	15279,4	170,7	1419,9	299,3	315,7	7560,3
4	А	14837,2	1054,2	14074,8	15261,6	14047,0	5096,4	14142,4	1924,9	15279,4	14342,7	14199,0	15264,6	15785,3	5040,2
	Б	0,0	12157,8	30,3	0,1	13829,9	0,1	13343,8	444,8	13532,5	13700,0	13405,4	2,1	0,1	13004,5
	В	102,3	347,4	16,0	55,7	4610,0	197,6	834,0	13343,8	13532,5	163,1	1340,5	256,1	268,2	6502,2
5	А	13914,6	868,4	13474,5	13376,8	13829,9	4611,0	13343,8	1668,0	13532,5	13700,0	13405,4	13063,6	13410,2	4334,8
	Б	0,0	12570,3	30,3	0,1	13128,7	0,1	13422,8	444,1	12329,6	13466,0	12478,7	2,0	0,1	12663,9
	В	98,6	359,2	16,0	54,9	4376,2	180,1	838,9	13324,1	12329,6	160,3	1247,9	243,5	241,1	6331,9
6	А	13415,4	897,9	13468,9	13173,4	13128,7	4202,7	13422,8	1665,5	12329,6	13466,0	12478,7	12418,0	12054,5	4221,3
	Б	1000000,0	1,0	444,0	100000,0	1,0	100000,0	1,0	30,0	1,0	1,0	1,0	6240,0	100000,0	1,0
	В	136,0	35,0	840,0	240,0	3,0	70,0	16,0	1,0	1,0	84,0	10,0	51,0	50,0	2,0

Приложение 5. Численность микроорганизмов в воде

Время	Металлы	Кобальт	Кадмий	Медь	Свинец	Контроль	Кобальт	Кадмий	Медь	Свинец	Контроль	Кобальт	Кадмий	Медь	Свинец	Контроль
«AQUA-EM-1»		концентрация					1к10					1к100				
Исходная	ОМЧ	7	7	10	7	9	9	10	8	8	9	8	9	9	8	9
	Дрожжи	152	243	88	177	184	71	86	97	99	54	35	48	51	17	75
	Лактобац.	103	163	101	104	132	63	32	50	70	66	25	24	20	21	9
1 неделя	ОМЧ	2	2	19829	202	16	2	79	2	1307	1077	0	16271	3	19724	4169
	Дрожжи	31	40	3305	150	10206	216	184	1314	327	154	1495	5424	1882	9862	16677
	Лактобац.	4512	8672	441	20246	1856	8743	17642	19703	6098	17227	19439	16271	16935	19724	16677
2 неделя	ОМЧ	2	2	17755	174	13	2	75	2	1269	1055	0	16670	3	16416	4066
	Дрожжи	28	40	2959	129	8554	211	173	1138	317	151	1318	5557	1947	8208	16266
	Лактобац.	4061	8727	395	17414	1555	8553	16593	17073	5921	16879	17136	16670	17525	16416	16266
3 неделя	ОМЧ	2	2	14347	146	12	2	66	2	1062	957	0	14044	3	14585	3648
	Дрожжи	26	37	2391	108	7450	188	154	1028	265	137	1226	4681	1622	7292	14594
	Лактобац.	3754	7976	319	14557	1355	7618	14761	15422	4954	15308	15933	14044	14594	14585	14594
4 неделя	ОМЧ	1	1	12881	121	10	1	55	1	862	796	0	12069	3	12558	3338
	Дрожжи	22	28	2147	89	6322	162	127	925	216	114	1014	4023	1415	6279	13352
	Лактобац.	3119	6104	286	12065	1149	6543	12219	13875	4024	12741	13178	12069	12733	12558	13352
5 неделя	ОМЧ	1	1	13159	129	9	1	58	1	862	812	0	13096	2	12660	3351
	Дрожжи	23	31	2193	96	6059	157	134	848	215	116	966	4365	1374	6330	13405
	Лактобац.	3241	6717	292	12911	1102	6369	12880	12721	4021	12988	12564	13096	12368	12660	13405
6 неделя	ОМЧ	10000	10000	1	100	1280	10000	222	10000	14	16	100000	1	5040	1	4
	Дрожжи	575	432	6	135	2	81	96	15	56	112	13	3	9	2	1
	Лактобац.	4	2	45	1	11	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1

Приложение 6. Численность микроорганизмов в воде с нефтью

Время	Металлы	Кобальт	Кадмий	Медь	Свинец	Контроль	Кобальт	Кадмий	Медь	Свинец	Контроль	Кадмий	Медь	Свинец	Кадмий	
«AQUA-EM-1»		концентрация					1к10					1к100				
Исх.	ОМЧ	13	16	17	21	28	18	19	26	29	25	22	23	24	27	
	Дрожжи	9	8	7	7	8	9	9	8	7	9	8	9	8	8	
	Лактобац.	267	193	147	73	169	72	91	74	89	69	26	72	17	43	
1 неделя	ОМЧ	121	181	146	182	118	62	55	46	37	66	24	22	10	9	
	Дрожжи	0	20917	38	0	16571	0	19305	683	18379	16656	18472	3	0	16332	
	Лактобац.	138	598	20	71	5524	289	1207	20475	18379	198	1847	363	402	8166	
2 неделя	ОМЧ	18723	1494	16854	17159	16571	6752	19305	2559	18379	16656	18472	18502	20090	5444	
	Дрожжи	0	16677	39	0	17882	0	17133	574	17153	16097	17320	3	0	17028	
	Лактобац.	126	476	21	69	5961	242	1071	17217	17153	192	1732	348	336	8514	
3 неделя	ОМЧ	17134	1191	17529	16614	17882	5639	17133	2152	17153	16097	17320	17751	16819	5676	
	Дрожжи	0	14759	32	0	14047	0	14142	513	15279	14343	14199	2	0	15121	
	Лактобац.	109	422	17	64	4682	218	884	15400	15279	171	1420	299	316	7560	
4 неделя	ОМЧ	14837	1054	14075	15262	14047	5096	14142	1925	15279	14343	14199	15265	15785	5040	
	Дрожжи	0	12158	30	0	13830	0	13344	445	13533	13700	13405	2	0	13004	
	Лактобац.	102	347	16	56	4610	198	834	13344	13533	163	1341	256	268	6502	
5 неделя	ОМЧ	13915	868	13475	13377	13830	4611	13344	1668	13533	13700	13405	13064	13410	4335	
	Дрожжи	0	12570	30	0	13129	0	13423	444	12330	13466	12479	2	0	12664	
	Лактобац.	99	359	16	55	4376	180	839	13324	12330	160	1248	243	241	6332	
6 неделя	ОМЧ	13415	898	13469	13173	13129	4203	13423	1666	12330	13466	12479	12418	12055	4221	
	Дрожжи	1000000	1	444	100000	1	100000	1	30	1	1	1	6240	100000	1	
	Лактобац.	136	35	840	240	3	70	16	1	1	84	10	51	50	2	

Приложение 7. Концентрация нефтепродуктов в воде (мг/л)

Металлы	исходные	1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя	5 неделя	6 неделя
концентрированный «AQUA-EM-1»							
Кобальт	0,0252	0,0237	0,0159	0,0143	0,0131	0,0111	0,0072
Кадмий	0,0574	0,0465	0,0175	0,0125	0,0137	0,0098	0,0104
Медь	0,0478	0,0443	0,0430	0,0318	0,0239	0,0184	0,0173
Свинец	0,0395	0,0345	0,0315	0,0300	0,0252	0,0093	0,0087
Контроль	0,0559	0,0546	0,0407	0,0314	0,0302	0,0205	0,0053
1к10							
Кобальт	0,0403	0,0397	0,0313	0,0230	0,0161	0,0154	0,0082
Кадмий	0,0592	0,0434	0,0386	0,0289	0,0257	0,0203	0,0161
Медь	0,0161	0,0152	0,0145	0,0086	0,0084	0,0076	0,0076
Свинец	0,0152	0,0138	0,0115	0,0091	0,0076	0,0068	0,0051
Контроль	0,0420	0,0407	0,0392	0,0248	0,0150	0,0094	0,0081
1к100							
Кобальт	0,0529	0,0309	0,0248	0,0132	0,0112	0,0106	0,0101
Кадмий	0,0342	0,0319	0,0239	0,0243	0,0150	0,0143	0,0122
Медь	0,0580	0,0411	0,0362	0,0214	0,0152	0,0128	0,0052
Свинец	0,0412	0,0344	0,0255	0,0256	0,0208	0,0229	0,0110
Контроль	0,0296	0,0136	0,0137	0,0120	0,0107	0,0081	0,0031