

Краевой конкурс учебно-исследовательских и проектных работ учащихся  
«Прикладные вопросы математики»

Прикладные вопросы математики

**Экологические аспекты загрязнения территории  
западного Урала ионами тяжелых металлов**

Богомазов Д.Д.

МОУ «Лицей №1» г. Перми, 11 кл.

Бахирева О.И., к.х.н., доц.

## Содержание

Введение

1) Литературный обзор

2) Задачи исследования

3) Практическая часть

Заключение



## ВВЕДЕНИЕ

Среди разнообразных загрязняющих веществ *тяжёлые металлы* (в том числе ртуть, свинец, кадмий, цинк, мышьяк) и их соединения выделяются распространённостью, высокой токсичностью, многие из них — также способностью к накоплению в живых организмах. Они широко применяются в различных промышленных производствах, поэтому, несмотря на очистительные мероприятия, содержание соединения *тяжелых металлов* в промышленных сточных водах довольно высокое. Они также поступают в окружающую среду с бытовыми стоками, с дымом и пылью промышленных предприятий. Многие металлы образуют стойкие органические соединения, хорошая растворимость этих комплексов способствует миграции тяжелых металлов в природных водах. К тяжелым металлам относят более 40 химических элементов, но при учете токсичности, стойкости, способности накапливаться во внешней среде и масштабов распространения токсичных соединений, контроля требуют значительно меньшее число элементов.

## ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Тяжёлые металлы — группа химических элементов со свойствами металлов (в том числе и полуметаллы) и значительным атомным весом либо плотностью. Известно около сорока различных определений термина тяжёлые металлы, и невозможно указать на одно из них, как наиболее принятое. Соответственно, список тяжёлых металлов согласно разным определениям будет включать разные элементы. Используемым критерием может быть атомный вес свыше 50, и тогда в список попадают все металлы, начиная с ванадия), независимо от плотности. Другим часто используемым критерием является плотность, примерно равная или большая плотности железа (8 г/см<sup>3</sup>), тогда в список попадают такие элементы как свинец, ртуть, медь, кадмий, кобальт, а, например, более легкое олово выпадает из списка. Существуют классификации, основанные и на других значениях пороговой плотности или атомного веса. Некоторые классификации делают исключения для благородных и редких металлов, не относя их к тяжёлым, некоторые исключают нецветные металлы (железо, марганец). Термин тяжёлые металлы чаще всего рассматривается не с химической, а с медицинской и природоохранной точек зрения и, таким, образом, при включении в эту категорию учитываются не только химические и физические свойства элемента, но и его биологическая активность и токсичность, а также же объём использования в хозяйственной деятельности.

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД ИОНАМИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

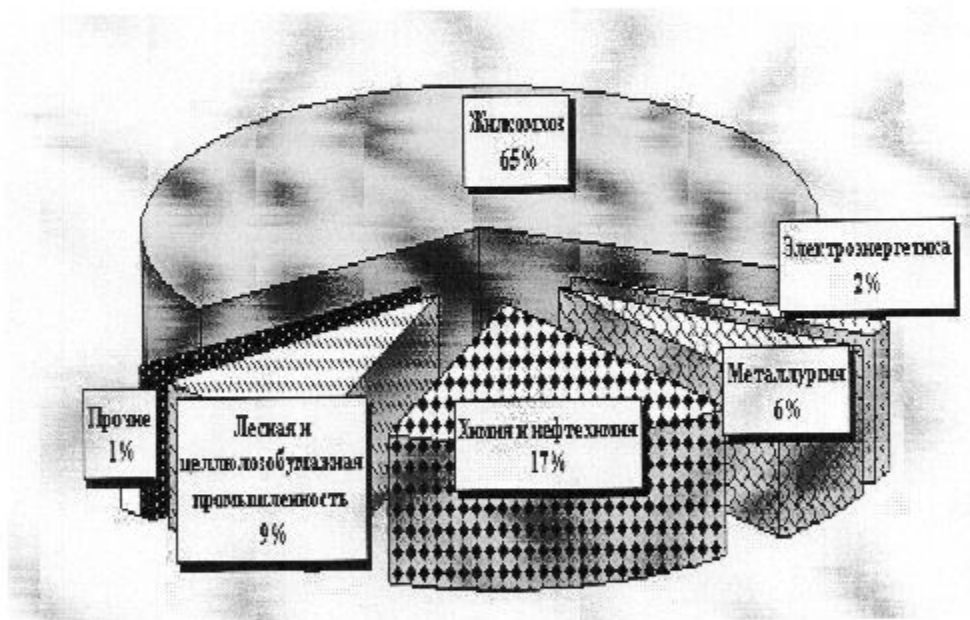
В 2000 году в реки области было сброшено 872,6 млн куб. м сточных вод, из которых 741,1 млн куб. м (82,7%) оказались загрязненными. Основными загрязнителями воды являются органические вещества, для переработки которых требуется кислород. В воде органика перерабатывается бактериями, поглощающими кислород. Запасы кислорода в воде при этом, естественно, истощаются, и наступает кислородное голодание, губительное для всего живого.

Большой вред могут принести растворенные в воде неорганические химические вещества — кислоты, соли, соединения токсичных (тяжелых) металлов — свинца, меди, цинка, ртути и других. Высокое содержание этих веществ может нанести вред популяциям рыб и другой водной фауне; может снизить урожайность на полях (при поливе), усилить коррозию металлов и, наконец, вызвать отравление людей и животных.

Растворенные в воде соединения нитратов и фосфатов (неорганические питательные вещества) могут вызвать чрезмерный рост и размножение водных растений, которые, отмирая и разлагаясь, поглощают из воды кислород. Нитраты попадают в почву, грунтовые воды. Здесь бактерии преобразуют их в оксид азота. Последний, попадая в атмосферу, способствует усилению парникового эффекта.

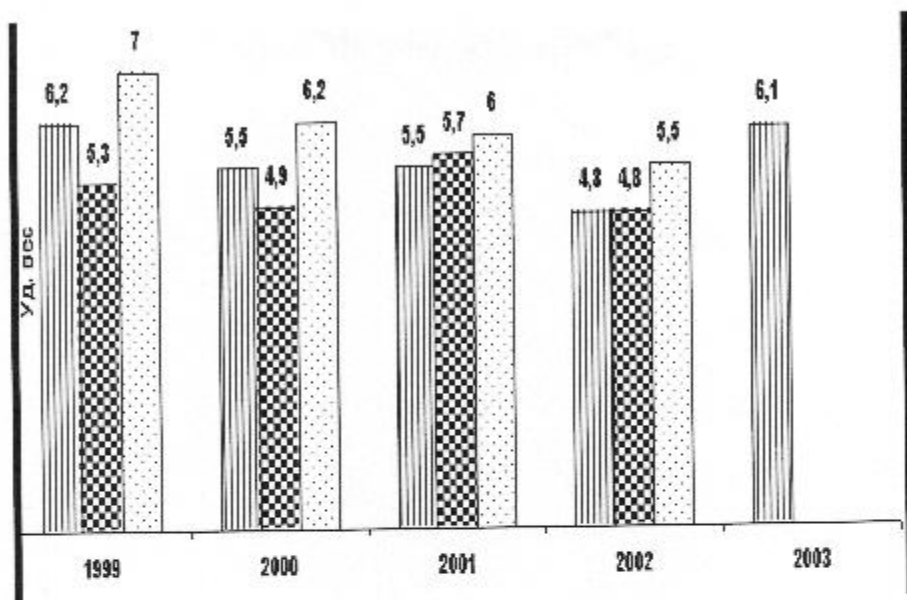
Тысячи органических веществ человек создал искусственно. Среди них пластмассы, пестициды, растворители и многое другое. В эту же группу можно отнести бензин, керосин и другие продукты переработки нефти. Нефтепродукты создают пленку на водной поверхности, которая уменьшает испарение воды, нарушает теплообмен и газообмен. Попадая с водой в организм животного или человека, искусственные органические вещества могут вызывать серьезные болезни.

К механическим загрязнителям воды необходимо отнести осадки и взвеси. Это нерастворяющиеся в воде частицы почв и ила, глины и песка, силикатные частицы, выбрасываемые в атмосферу предприятиями. Замутняя воду, они ухудшают среду обитания водной фауны, тормозят процесс фотосинтеза, засоряют жабры рыб и фильтры моллюсков, увеличивают слой донных осадков и тем самым способствуют обмелению рек и водоемов. Радиоактивные вещества попадают в реки и водоемы из стоков и выбросов предприятий радиохимической промышленности, таких как химкомбинат "Маяк". Радионуклиды частично растворяются в воде, но большей частью накапливаются в донных осадках и губительно действуют на все живое.



## СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Основным источником загрязнения атмосферного воздуха в Пермской области являются крупные промышленные предприятия и автотранспорт.



### Статистика загрязнений тяжелыми металлами

Среднеобластной показатель количества проб выше ПДК (6,1 %) определен в городах Березники – 9,9 % от количества проб, Чусовой – 9,6 %, Соликамск – 8,4 %, Горнозаводск – 8,1 %.

Наиболее неблагоприятная ситуация сложилась на автомагистралях, где удельный вес проб с превышением ПДК наиболее высок – 10,2 %. Наибольшее количество единиц автотранспорта зарегистрировано в городах Перми, Березниках, Кунгуре, Чайковском, Кранокамске, Соликамске, Чусовом.

По данным лабораторных исследований, проведенных специалистами госсанэпидслужбы, наиболее напряженная ситуация на автомагистралях сложилась в городах: Чусовом – 16,8 %, Соликамске – 10,4 %, Перми – 9,7 % проб с превышением ПДК.



## ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Пермская область характеризуется большим разнообразием почв, обусловленным различием материнских пород, ландшафтов, растительности и условий обводненности. В северной части области сформировались подзолистые и частично болотно-подзолистые почвы, в центральной и южной части – дерново-подзолистые и дерново-карбонатные, а на пониженных участках – дерново-глеевые. В районе Кунгурской лесостепи расположены оподзоленные и лесостепные почвы, а также частично выщелоченные черноземы.

Почва – весьма специфический компонент биосферы, поскольку она не только геохимически аккумулирует компоненты загрязнений, но и выступает как природный буфер, контролирующий перенос химических элементов и соединений в атмосферу, гидросферу и живые организмы.

К числу важнейших экологических проблем современности относится загрязнение почв тяжелыми металлами. По данным Всемирной организации здравоохранения тяжелые металлы отнесены к приоритетным загрязнителям природной среды. Тяжелые металлы, поступающие из различных источников, попадают в конечном итоге на поверхность почвы, и их дальнейшая судьба зависит от ее химических и физических свойств.

Тяжелые металлы опасны тем, что они обладают способностью накапливаться в живых организмах, включаться в метаболический цикл, образовывать высокотоксичные металлоорганические соединения, изменять формы нахождения при переходе от одной природной среды в другую, не подвергаясь биологическому разложению.

Обобщение результатов по содержанию тяжелых металлов в почвах Пермской области, полученных специалистами Федерального государственного учреждения «Государственный центр агрохимической службы "Пермский"» и Естественно-научного института при Пермском госуниверситете за период 1993 – 2002 гг., показало, что основными тяжелыми металлами, содержание которых превышает значение ПДК, являются кадмий, мышьяк и ртуть. Величина превышения ПДК зафиксирована в 2 – 3 раза. Загрязнение этими элементами отмечается по всем 14 районам проведения исследований. Районы наиболее значительного загрязнения приурочены к Пермско-Краснокамской и Березниковско-Соликамской градопромышленным агломерациям. Карта загрязнения почв тяжелыми металлами (по кадмию) приведена на цветной вкладке (приложение 2).

Основными причинами загрязнения почв тяжелыми металлами являются аэрогенный перенос элементов от градопромышленных агломераций, использование пестицидов, гербицидов и минеральных удобрений. Продолжительность пребывания загрязняющих компонентов в почве гораздо выше, чем в других частях биосферы. Металлы, накапливающиеся в почвах, медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии, дефляции. Первый период полуудаления (сокращение начальной концентрации вдвое) тяжелых металлов из почвы сильно варьирует: для меди – от 310 до 1500 лет, для свинца – от 740 до 5900 лет, для цинка – от 70 до 510 лет, для кадмия – от 13 до 1100 лет. Вывод элементов из почвенных систем в среднем не превышает 10% от их поступления.

Наблюдающееся прогрессивное загрязнение почв не может быть устранено естественным путем, необходимы специальные приемы организации сельскохозяйственного производства.

Традиционным направлением борьбы с загрязнением почвы являются агрохимические приемы, снижающие или предотвращающие поступление загрязнителей в растительную продукцию. Рекультивация загрязненных тяжелыми металлами почв обычно основана на применении извести и фосфатов с добавкой органических веществ.

Для загрязненных микроэлементами почв способы, направленные на защиту растений, основаны на двух главных реакциях — выщелачивании легкоподвижных элементов и переводе микроэлементов-катионов в почве в трудноподвижные формы.

Универсальной методики для быстрой рекультивации почв, сильно загрязненных микроэлементами, не существует. Действие каждого метода обработки зависит от свойств почв, поэтому рекультивация или мелиорация пахотных земель нуждается в специальных исследованиях систем растение — почва. Решение проблемы загрязнения почв в Пермской области возможно путем организации подсистемы экологического мониторинга. По результатам исследований для каждого сельскохозяйственного предприятия будут разработаны рекомендации по снижению концентраций тяжелых металлов в почвах и способам производства экологически чистой продукции.

## ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Тяжелые металлы, попадая в организм человека, остаются там навсегда, вывести их можно только с помощью белков, молока и белых грибов. Достигая определенной концентрации в организме, они начинают свое губительное воздействие - вызывают отравления, мутации. Кроме того, что сами они отравляют организм человека, они еще и чисто механически засоряют его - ионы тяжелых металлов оседают на стенках тончайших систем организма и засоряют почечные каналы, каналы печени, таким образом, снижая фильтрационную способность этих органов. Соответственно, это приводит к накоплению токсинов и продуктов жизнедеятельности клеток организма, т.е. самоотравление организма, т.к. именно печень отвечает за переработку ядовитых веществ, попадающих в наш организм, и продуктов жизнедеятельности организма, а почки - за их выведение наружу.

Почки и кости являются целевыми органами, подвергающимися наибольшему воздействию окружающей среды. В число основных видов критического воздействия входят:

- a) повышенное содержание белков с низким молекулярным весом в моче в результате повреждения проксимальных тубулярных клеток.
- b) увеличение опасности остеопороза.
- c) повышенная опасность рака легких в результате воздействия через дыхательные пути.
- d) забиваются каналы нервных клеток.
- e) снижается проводимость нервного импульса, как следствие повышается утомляемость, сонливость, снижается быстрота реакции, работоспособность, появляются головокружение, депрессивные, подавленные состояния.

## КАК ОГРАДИТЬ СЕБЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

- Нужно уделять особое внимание вопросам гигиены. Самое простое - мыть руки. Оно снижает концентрацию тяжелых металлов на поверхности ладоней почти в 10 раз.
- Нужно всеми возможными средствами бороться с пылью: на пылевые частицы оседают все вредные вещества, которые находятся в воздухе. Необходимо чаще проводить влажную уборку с моющими средствами. Использовать пылесос с мелкими фильтрами. Отчасти могут помочь увлажнители и озонаторы.
- Для выведения из организма накопившегося свинца необходимо как можно чаще употреблять в пищу молочные продукты, содержащие кальций. Поэтому и рекомендуется всем, кто подвержен воздействию воздуха, загрязненного свинцом, пить молоко и употреблять больше молочных продуктов. Очень важно, чтобы в продуктах питания содержалось большое количество клетчатки.
- Нужно больше есть овощей, фруктов и зерновых продуктов. Тогда тяжелые металлы будут оседать в желудочно-кишечном тракте, и выводиться из организма, не всасываясь. Пища не должна быть жирной. Полезны витамины и антиоксиданты. Врач может назначить лекарственные средства и биологически активные добавки, так называемые энтеросорбенты.

### ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

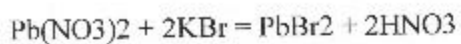
- 1) Проанализировать проблему связанную с ионами тяжелых металлов на западном Урале.
- 2) Составить литературный обзор
- 3) Провести опыт по очистке воды от ионов тяжелых металлов
- 4) Определить сорбционную емкость КУ-2 по отношению к ионам  $Pb^{2+}$
- 5) Сделать расчеты количеству очищенной воды
- 6) Подвести итоги

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

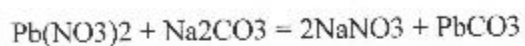
В ходе работы рассматривались ионы воды. Очистку ионов воды от ионов тяжелых металлов можно проводить несколькими способами: ионообменный метод, осадительный метод.

Для работы был выбран осадительный метод. Вода была очищена от ионов свинца. Было просмотрено взаимодействие свинца с различными веществами. Было просмотрено возможность очистки воды до ПДК(предельно-допустимой концентрации)

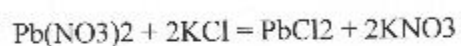
## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ С ВЕЩЕСТВАМИ



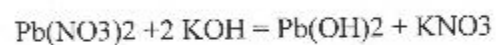
Бурная реакция, без запаха, белого цвета, с выделением белого осадка



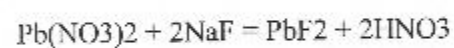
Реакция без запаха, белого цвета, с выделением небольшого осадка



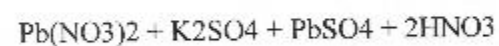
Реакция с небольшим запахом, в ходе реакции получается прозрачный раствор, без осадка



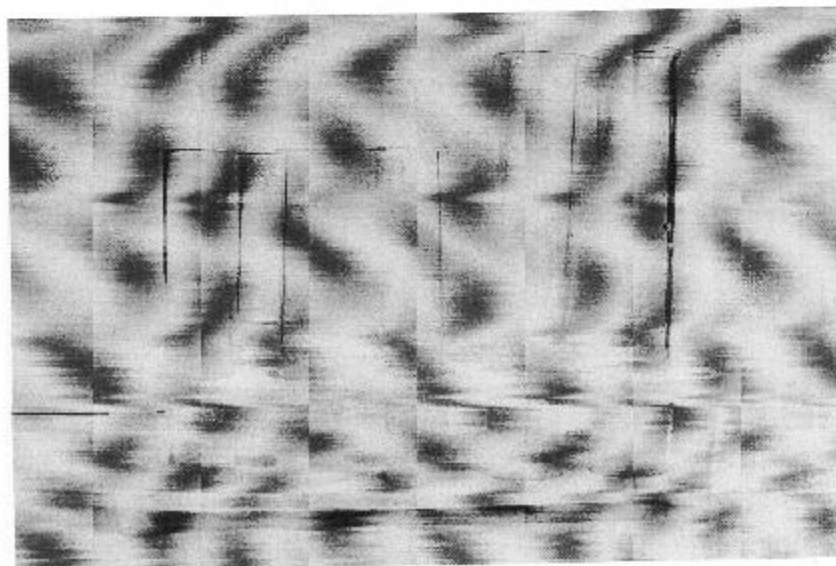
Реакция с выделением запаха, образуется небольшой осадок белого цвета



Реакция без запаха, образуется большой осадок белого цвета

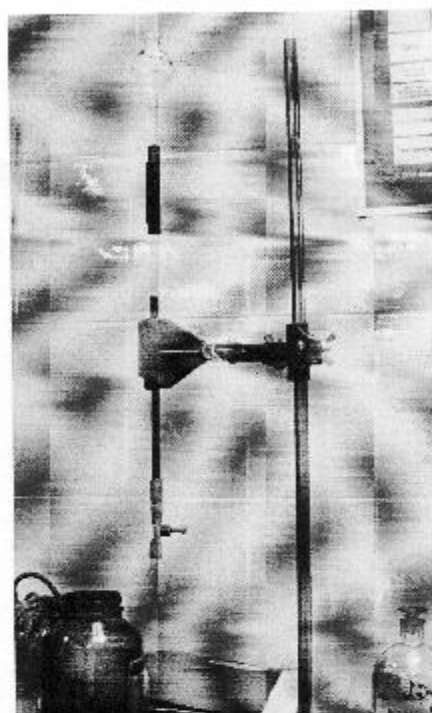


Реакция без запаха, образуется осадок белого цвета





## КАТИОНООБМЕН С ПОМОЩЬЮ СМОЛЯ КУ-2



|                |                                                                            |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Первые 50мл    | На фильтре нет следов свинца, чистая вода                                  |
| Вторые 50мл    | На фильтре снова нет следов свинца, чистая вода                            |
| Третьи 50мл    | На фильтре появились небольшие потемнения, в воде появилась примесь свинца |
| Четвертые 50мл | Потемнения от свинца на фильтре стало больше                               |
| Пятые 50мл     | Вода не очищается, отчетливо видна примесь свинца                          |

После 250мл вода осадительный метод перестал действовать, вода стала с большой примесью свинца.

## РАСЧЕТЫ

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ $\text{Pb}^{2+}$ В РАСТВОРЕ.

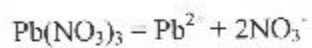
Для опытов был взят 25% раствор  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

$$25\% = m_{\text{в-ва}} / m_{\text{р-ра}} \cdot 100\%$$

$$1 \text{ кг } (\approx 1 \text{ л}) = m_{\text{в-ва}} (\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)$$

$$M_r(\text{Pb}) = 207 \text{ г/моль}$$

$$\nu(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 250 \text{ г} / 331 \text{ г/моль} = 0.755 \text{ моль}$$



$$\nu(\text{Pb}^{2+}) = 0.755 \text{ моль}$$

$$m(\text{Pb}^{2+}) = 0.755 \text{ моль} \cdot 207 \text{ г/моль} = 156.285 \text{ г.}$$

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ КУ-2 ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ $Pb^{2+}$

$$A = \frac{(C_{исх} - C_{равн}) \cdot V_{пл}}{1000 \text{ мл}}$$

$$A_1 = \frac{(150 - 50) \cdot 50}{1000} = \frac{4500}{1000} = 4,5 \text{ мг/г}$$

$$A_2 = \frac{(150 - 0) \cdot 50}{1000} = \frac{4500}{1000} = 4,5 \text{ мг/г}$$

$$A_3 = \frac{(150 - 10) \cdot 50}{1000} = \frac{5000}{1000} = 5 \text{ мг/г}$$

$$A_4 = \frac{(150 - 20) \cdot 50}{1000} = 6,5 \text{ мг/г}$$

$$A_5 = \frac{(150 - 30) \cdot 50}{1000} = 6 \text{ мг/г}$$

$\Sigma = 7,5 + 7,5 + 7 + 6,5 + 6 = 34,5 \text{ мг/г сорбента}$  – ДОЕ (Динамическая обменная емкость)

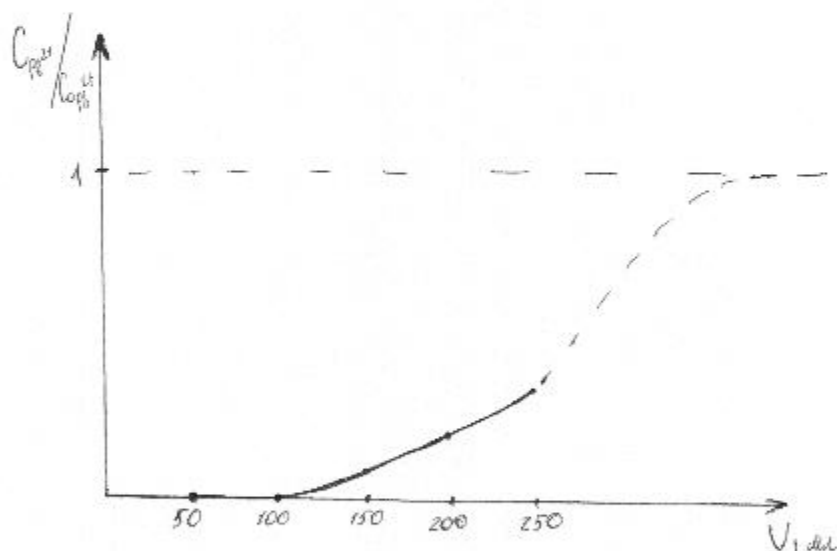


Рис.1 Выходная кривая сорбции ионов  $Pb^{2+}$  на катионите КУ-2

3450 ЛИТРОВ H<sub>2</sub>O С КОНЦЕНТРАЦИЕЙ 10 МГ/Л МОЖНО ОТЧИСТИТЬ 1 КГ ДАННОГО СОРБЕНТА.

$$\text{ДОЕ} = A \cdot m$$

$$m = 1000 \text{ г}$$

$$A = \text{ДОЕ} \cdot m$$

$$A = 34.5 \text{ мг/г} \cdot 1000 \text{ г} = 34.5 \text{ г}$$

$$A = \frac{(C_{\text{исх}} - C_{\text{ост}}) \cdot V}{1000}$$

$$V = \frac{A \cdot 1000}{C_{\text{исх}} - C_{\text{ост}}}$$

$$V = \frac{34.5 \cdot 10^3}{10} = 34.5 \cdot 10^2 \text{ л} = 3450 \text{ л}$$

## ИТОГИ ЭКСПЕРИМЕНТА

Было выяснено, что осадительный метод действительно очищает воду от ионов тяжелых металлов. Но ионообменный метод более точный т.к. при осадительном методе вода очищается не только от ионов тяжелых металлов, но и от всех остальных ионов тоже. Поэтому объем очищенной воды не очень большой. Доказано, что с помощью осадительного метода можно очищать воду от ионов тяжелых металлов до уровня ПДК.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Атмосфера западного Урала по всем показателям превышает ПДК.

Для улучшения атмосферы западного урала требуется:

- Соблюдение фабриками и заводами всех установленных норм по выбросу ионов тяжелых металлов в атмосферу.
- Использование современных очистных сооружений во всех частях мира.
- Развитие новых технологий.
- Использование фильтров и фильтровых установок.
- Ужесточение законов по выбросу различных вредных химических веществ (в том числе и ионов тяжелых металлов) в окружающую среду.

