

*Поведение и функции
загрязняющих веществ в
природных экосистемах*

Гидросфера

Сравнение среднего состава основных катионов в породах континентальной коры и речных водах

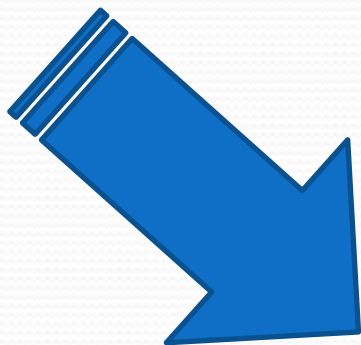
Катионы	Континентальная кора, мг / кг	Речные воды, мг / кг
Al	80,0	0,05
Fe	35,5	0,04
Ca	30,0	13,0
Na	29,0	5,2
K	28,0	1,3
Mg	13,0	3,4

Состав важнейших растворенных ионов (моль * л⁻¹) некоторых крупных рек

Ионы	Маккензи	Ориноко	Ганг	Рио-Гранде
Ca ²⁺	0,82	0,08	0,61	2,72
Mg ²⁺	0,43	0,04	0,20	0,99
Na ⁺	0,30	0,06	0,21	5,10
K ⁺	0,02	0,02	0,08	0,17
Cl ⁻	0,25	0,08	0,09	4,82
SO ₄ ²⁻	0,38	0,03	0,09	2,48
HCO ₃ ⁻	1,82	0,18	1,72	3,00
SiO ₂	0,05	0,19	0,21	0,50

pH в природных водах

В природных водах pH контролируется в основном концентрацией растворенных CO_2 , HCO_3^- и CO_3^{2-} . Эти формы вступают в реакции и поддерживают pH в пределах относительно узких границ. Большинство почвенных вод, питающие реки и грунтовые воды, имеют околонеutralный pH и HCO_3^- в виде основного аниона.



pH

Минерализация воды

Карбонатная (временная)



кипячение или
прибавлением к воде $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Некарбонатная (постоянная)



прибавление к воде соды

Жёсткость воды

Сумма временной и постоянной жесткости воды составляет общую жесткость, выраженную в миллиграмм-эквивалентах ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} на литр воды. Вода с жесткостью менее 4 мг-экв/л называется мягкой, от 4 до 8 - средней, от 8 - 12 - жесткой, больше 12 мг-экв/л - очень жесткой. Для открытых водоемов она часто зависит от времени года и погоды. Наиболее «мягкой» природной водой является атмосферная вода, почти не содержащая растворенных солей. Содержание примесей в питьевых водах строго регламентировано. Установлены максимально допустимые их концентрации, при которых они не оказывают влияние на здоровье человека в течение всей жизни и не ухудшают гигиенических условий водопользования. Только для питьевых вод, используемых в качестве лечебных (минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые воды), в связи с тем, что они употребляются человеком эпизодически, допускаются более высокие концентрации отдельных веществ.

Минеральная - это такая вода, в которой содержание твердых растворённых веществ составляет более 1 г/л или вода имеет температуру более 20°C. Критерий общей минерализации (1 г/л) для минеральных вод был установлен произвольно и не имеет научного обоснования, однако на практике он применяется многими странами. Отметим, что под лечебными минеральными водами следует понимать подземные воды, содержащие в повышенных концентрациях минеральные (реже органические) компоненты и газы или обладающие какими-либо особыми физическими свойствами (радиоактивность, повышенная температура и т.д.), благодаря чему эти воды оказывают на организм человека лечебное действие при наружном или внутреннем применении.

Классификация по значению минерализации

Наименование	Концентрация солей, г/л
Ультрапресные	Менее 0,2
Пресные	0,2–0,5
С повышенной минерализацией	0,5–1,0
Солоноватые	1–3
Соленые	3–10
Очень соленые	10–35
Переходные к рассолам	35–50
Рассолы	50–400

Химия воды и режимов выветривания

Состав и классификация природных вод

Вода в своих трех состояниях — жидкость, лед и водяные пары — широко распространена на поверхности Земли и занимает объем 1,4 млрд км³. Почти вся эта вода (более 97 %) находится в океанах, а бóльшая часть из оставшейся образует полярные ледяные шапки и ледники (около 2 %). Континентальные пресные воды представляют менее 1 % от общего объема, в основном это подземные воды (глубинные — 0,38 %, поверхностные — 0,30 %; озера — 0,01 %; почвенная влага — 0,005 %; реки — 0,0001 %; биосфера — 0,00004 %). Атмосфера содержит сравнительно мало воды (в виде паров) — 0,001 %.

Основные факторы, влияющие на состав природных вод

Пресная вода, в отличие от большинства веществ, при плавлении сжимается, а при замерзании, наоборот, расширяется. Этим объясняется тот факт, что вода активно участвует в формировании облика поверхности Земли, разрушая материнские породы гор на мелкие частицы — первичный материал почвы. При формировании химического состава природных вод принято выделять прямые и косвенные, а также главные и второстепенные факторы, влияющие на содержание растворенных в них компонентов.

Прямыми называют факторы, которые оказывают непосредственное влияние на химический состав воды и связаны с химическим составом минералов, горных пород и почв, контактирующих с данной природной водой.

Косвенные факторы — температура, давление, влажность, осадки и др. (оказывают влияние опосредованно).

Главные факторы определяют содержание главных анионов и катионов (т. е. класс и тип воды по классификации О. А. Алекина).

Второстепенные факторы вызывают появление некоторых особенностей данной воды (цвета, запаха и др.), но не влияют на ее класс и тип.

Факторы, воздействующие на формирование состава природных вод

- 1) физико-географические (рельеф, климат и т. д.);
- 2) геологические (вид горных пород, гидрогеологические условия и т. п.);
- 3) биологические (деятельность живых организмов);
- 4) антропогенные (состав сточных вод, состав твердых отходов и т. п.);
- 5) физико-химические (химические свойства соединений, кислотно-основные и окислительно-восстановительные условия).

Растворения твердых веществ в природных водах

Важными характеристиками природных вод и твердых веществ при рассмотрении процессов растворения являются часто используемые в зарубежной литературе показатели агрессивности и неустойчивости.

Показатель агрессивности природных вод характеризует способность данной воды перевести твердое вещество в раствор. Показатель агрессивности воды часто используют для сравнения растворяющей способности природных вод. Чем больше A , тем в большей степени система неравновесна и тем более интенсивно протекает процесс растворения данного вещества.

Показатель неустойчивости характеризует степень удаленности системы от состояния равновесия. Этот показатель удобно использовать при сравнении устойчивости различных твердых веществ по отношению к одной и той же природной воде. Чем больше значение показателя неустойчивости, тем данное вещество менее устойчиво.

Показатели качества природных вод

К факторам, определяющим качество воды, относятся:

БПК (биологическое потребление кислорода), запахи (привкусы), окраска, растворенный кислород, токсичные вещества, микробы и другие возбудители болезней, минеральный состав, рН, температура, взвешенные частицы.

Химические методы, определяющие показатели качества природных вод

1. *Содержание взвешенных веществ* определяется фильтрованием с помощью обычного фильтра;
2. *Содержание частиц коллоидной степени дисперсности* определяют фильтрованием через мембранный фильтр;
3. *Щелочность* — общее содержание веществ, способных вступать в реакцию с сильными кислотами;
4. *Кислотность* — содержание веществ, способных вступать в реакцию с сильными щелочами;
5. *Жесткость* — содержание в воде солей кальция и магния;
6. *Мутность и цветность* определяются косвенным методом (определенная высота столба жидкости, через который просматривается шрифт или крест).
7. *Химические показатели* определяются как концентрации элементов;
8. *Химическое потребление кислорода (ХПК)*. Величина ХПК определяется количеством окислителя (в пересчете на кислород), затраченного на окисление всех органических веществ, содержащихся в единице объема пробы;
9. *Биохимическое потребление кислорода (БПК)* — Величина БПК определяется количеством окислителя (в пересчете на кислород), пошедшего на окисление биоразлагаемых органических веществ, содержащихся в единице объема пробы;

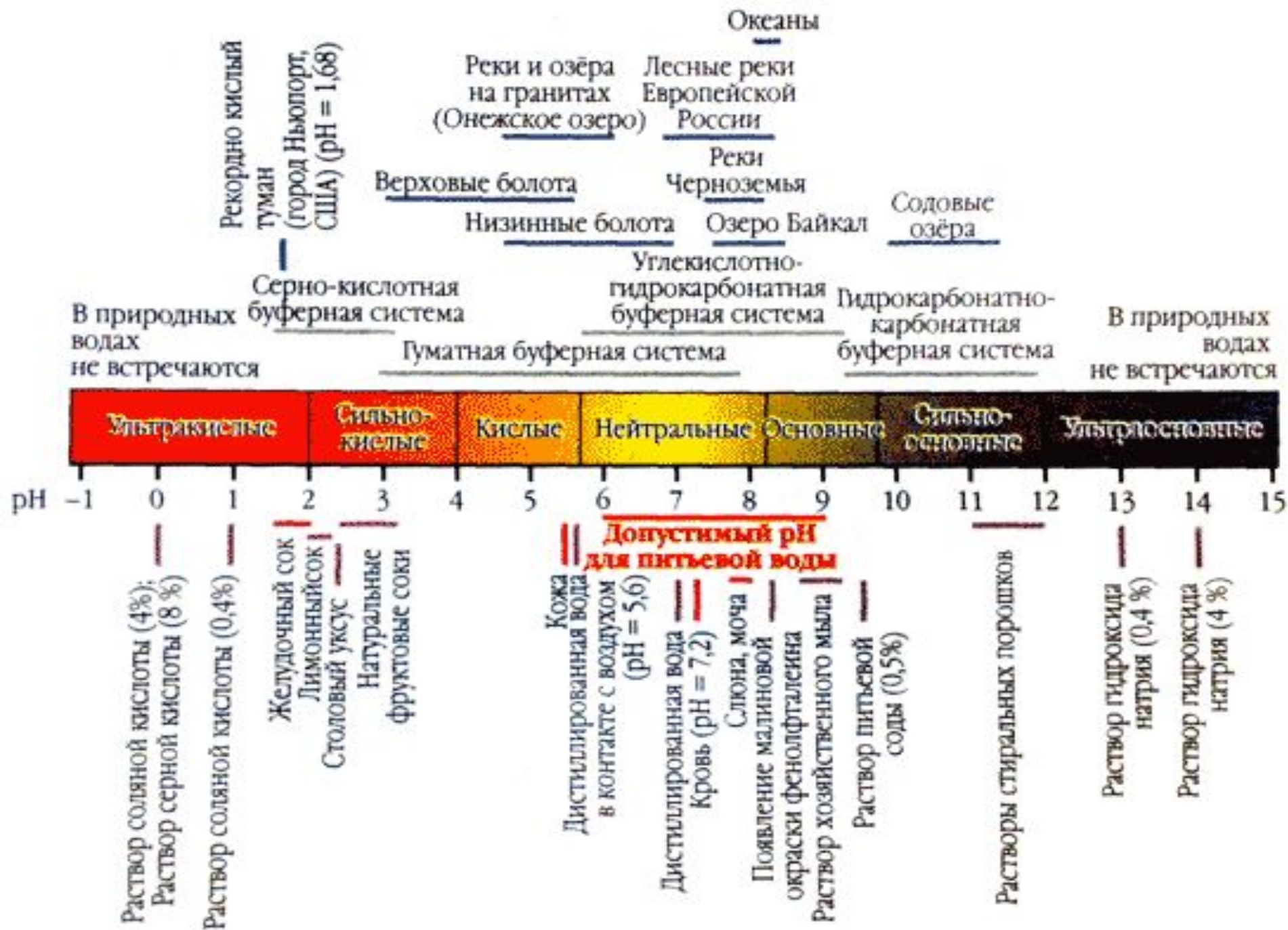
Состав растворенных ионов в пресных водах зависит от: состава дождевых осадков и сухих атмосферных выпадений; вкладов от реакций выветривания и разложения органического вещества в почвах и породах и различного вовлечения в биологические процессы в почвах.

Основные речные системы протекают по разнообразным типам пород, захватывая растворенные продукты реакций выветривания. Наиболее легко выветриваемыми породами являются известняки (CaCO_3). Ион кальция здесь выступает в качестве индикатора такого процесса выветривания. В пресных водах, происходящих из областей с активными процессами выветривания увеличивается преобладание кальция над натрием.

На химию основных растворенных ионов рек влияет испарение. Испарение увеличивает общее количество ионов в речной воде. Из-за образования CaCO_3 из воды удаляется ион кальция. Большинство почвенных вод, питающих реки и грунтовые воды, имеют околонеутральный pH.

Минерализация и химический состав воды озер

Химический состав характеризуется варьированием в очень широких пределах. Реки с минерализацией воды свыше 100-200 мг/л, в каких бы условиях они ни находились, - очень редкое явление, в то время как минерализация воды озер бывает от очень низкой, в несколько десятков мг/л (т.е. мало отличающейся от дождевом) до очень высокой 3-3,5% (соляные озера с рассолом до предела насыщенного солями). Различие в минерализации отражается и на ионном составе воды озер. В нем наблюдаются закономерности, которые свойственны и химическому составу речной воды.



Химия морской воды. Соленость и ионная сила воды

Существуют три основных свойства, которые определяют специфику химических процессов морской воды:

- 1) высокая ионная сила морской воды, связанная с соленостью (концентрацией солей);
- 2) химический состав морской воды с высоким содержанием ионов натрия и хлора;
- 3) закон Дитмара, согласно которому количественные соотношения между главными компонентами основного солевого состава всегда постоянны.

Соленость воды. Соленость определяется как вес в граммах неорганических ионов в 1 кг воды. Воды открытого океана имеют соленость порядка 32–37 г/л. Плотность поверхностной соленой воды 1,028 г/см³ при 0 °С. На глубине плотность выше. Морская вода, содержащая 3,5 % солей, не имеет температурного максимума плотности, что является одним из ее важных отличий от пресной воды. Чем морская вода холоднее, тем тяжелее, вплоть до температуры –2 °С, когда в ней появляются кристаллы льда.

Соленость морских вод различна: Балтийское море — 5 г/л, Черное море — 18 г/л, Красное — 41 г/л, Мертвое — 260–310 г/л.

Соленость и ионный состав морской воды оставались примерно постоянными в течение последних 900 млн лет.

Активность. Свойства морской воды как концентрированной системы существенно отличаются от свойств идеальных растворов. Поэтому в физико-химии морских вод необходимо учитывать снижение реакционной способности ионов путем введения так называемой *активности*. В теории растворов рассматривают термодинамическую активность. На практике применяется более простой подход. Эффективная концентрация ионов вычисляется с помощью коэффициента активности. *Активная концентрация* равна произведению концентрации, выраженной в моль/л, на коэффициент активности.

Морская вода слишком сложная система, чтобы измерить коэффициенты активности всех ионов. Однако для некоторых они известны. Например, для Са коэффициент активности равен 0,26, для карбонат-иона — 0,20.

Среди катионов в водах Мирового океана преобладающими являются в порядке убывания: натрий — 0,47, магний — 0,053, калий — 0,01, кальций — менее 0,01 моль/л; из анионов: хлор — 0,55, сульфат-анион — 0,028, ионы — 0,003 моль/л. -3HCO

Независимо от абсолютных концентраций ионов количественные соотношения между главными компонентами остаются постоянными. Эта зависимость носит название закона Дитмара.

Под *хлорностью* воды принимают число грамм-ионов хлора, эквивалентное сумме ионов галогенов, содержащихся в 1 кг воды, осаждаемых нитратом серебра. В качестве единицы измерения хлорности принято использовать специальную единицу — *промилле* (тысячная доля). Концентрация, выраженная в промилле, равна количеству грамм вещества в 1 кг раствора.

Химический состав неосновных ионов. В

химии морской воды преобладают семь основных ионов. Однако оказалось, что в ней есть и другие ионы и элементы (практически вся таблица элементов Менделеева). Концентрации растворенных металлов достаточно малы — обычно порядка наномоль на литр. Наличие металлов связано с различными источниками. Это:

- 1) окислительно-восстановительные реакции на океаническом (морском) дне;
- 2) атмосферные процессы;
- 3) привнесение ионов металлов с речной водой.

В настоящее время эти процессы активизировались в связи с антропогенной деятельностью (сжигание угля, плавление металлов).

Эвтрофикация

Насыщение водоёмов биогенными элементами, сопровождающееся ростом биологической продуктивности водных бассейнов. Эвтрофикация может быть результатом как естественного старения водоёма, так и антропогенных воздействий. Основные химические элементы, способствующие эвтрофикации — фосфор и азот. В некоторых случаях используется термин «гипертрофизация».


Повышенная мутность воды как результат эвтрофикации





Эвтрофикация





Эвтрофные водоёмы характеризуются обильным планктоном. Несбалансированная эвтрофикация может приводить к бурному развитию водорослей (цветение воды), и появлению в воде цианобактерий, которые в период цветения выделяют токсины способные вызвать отравление людей и животных, а также приводит к дефициту кислорода, заморам рыб и животных. Этот процесс можно объяснить малым проникновением солнечных лучей вглубь водоёма и, как следствие, отсутствием фотосинтеза у надонных растений, а значит и кислорода.

Антропогенная эвтрофикация

Основные антропогенные источники фосфора и азота: необработанные сточные воды (в особенности из животноводческих комплексов) и смыв удобрений с полей.

Во многих странах запрещено использование ортофосфата натрия в стиральных порошках для уменьшения эвтрофикации водоёмов. В частности, с начала 2010-х годов в странах ЕС постепенно вводятся ограничения на использование фосфатов в бытовых стиральных порошках на уровне не более 0,3 – 0,5 грамма фосфора на цикл стирки.

Физико-химические методы очистки сточных вод

Основные методы очистки

- сорбция;
- обратный осмос;
- флотация;
- нейтрализация;
- выпаривание;
- ионообменная очистка;
- кристаллизация;
- электрохимическая обработка.

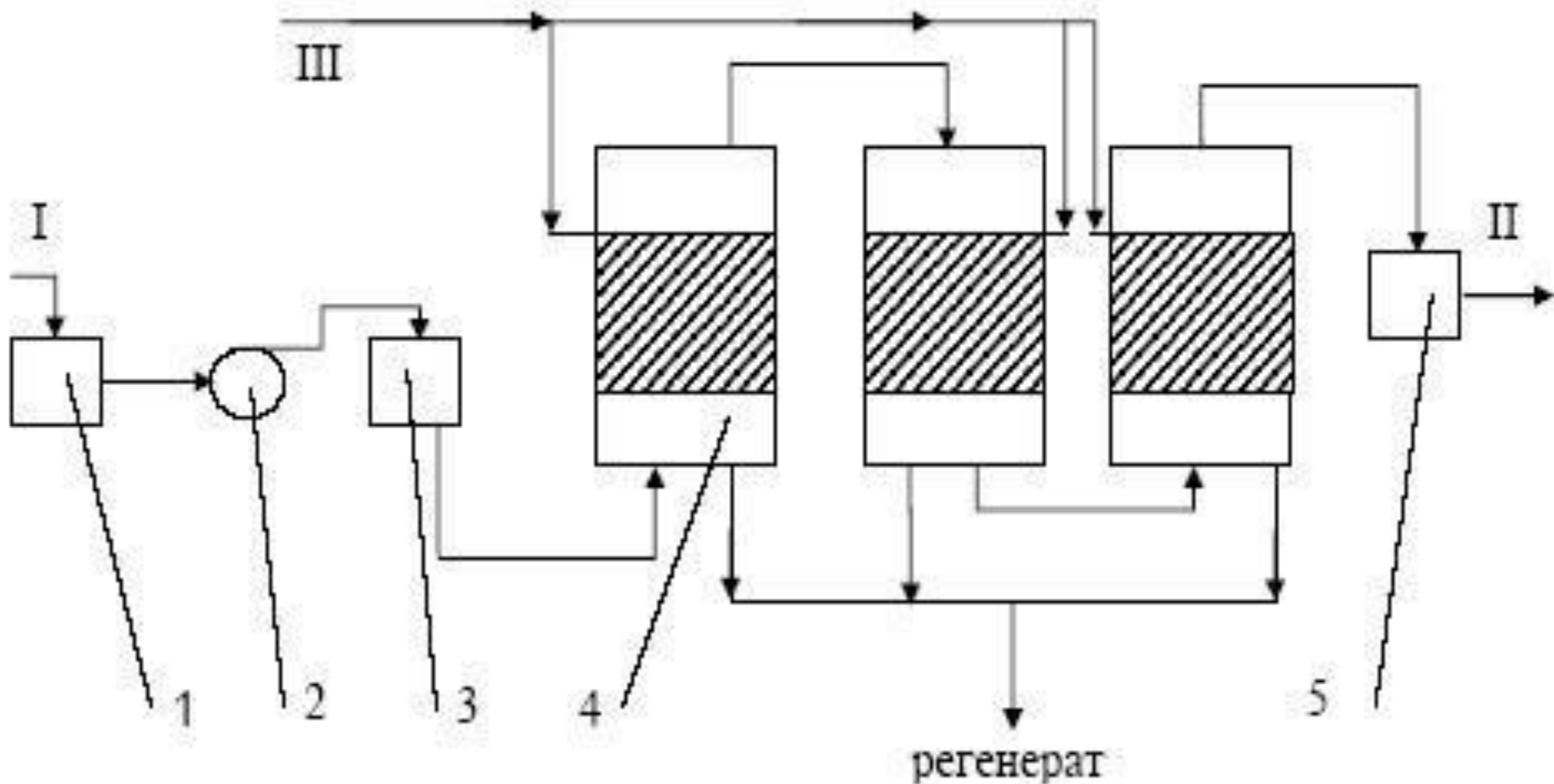
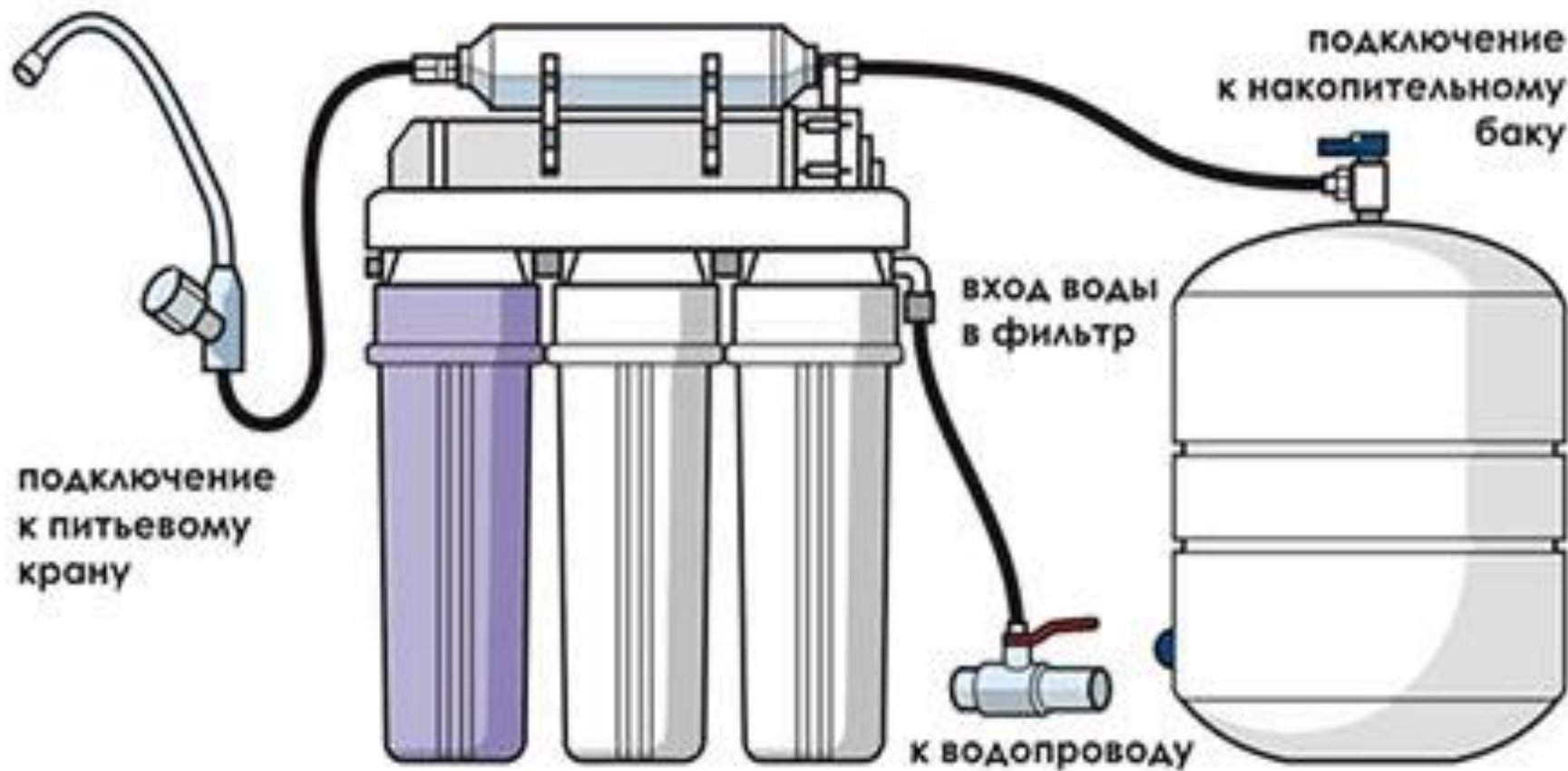
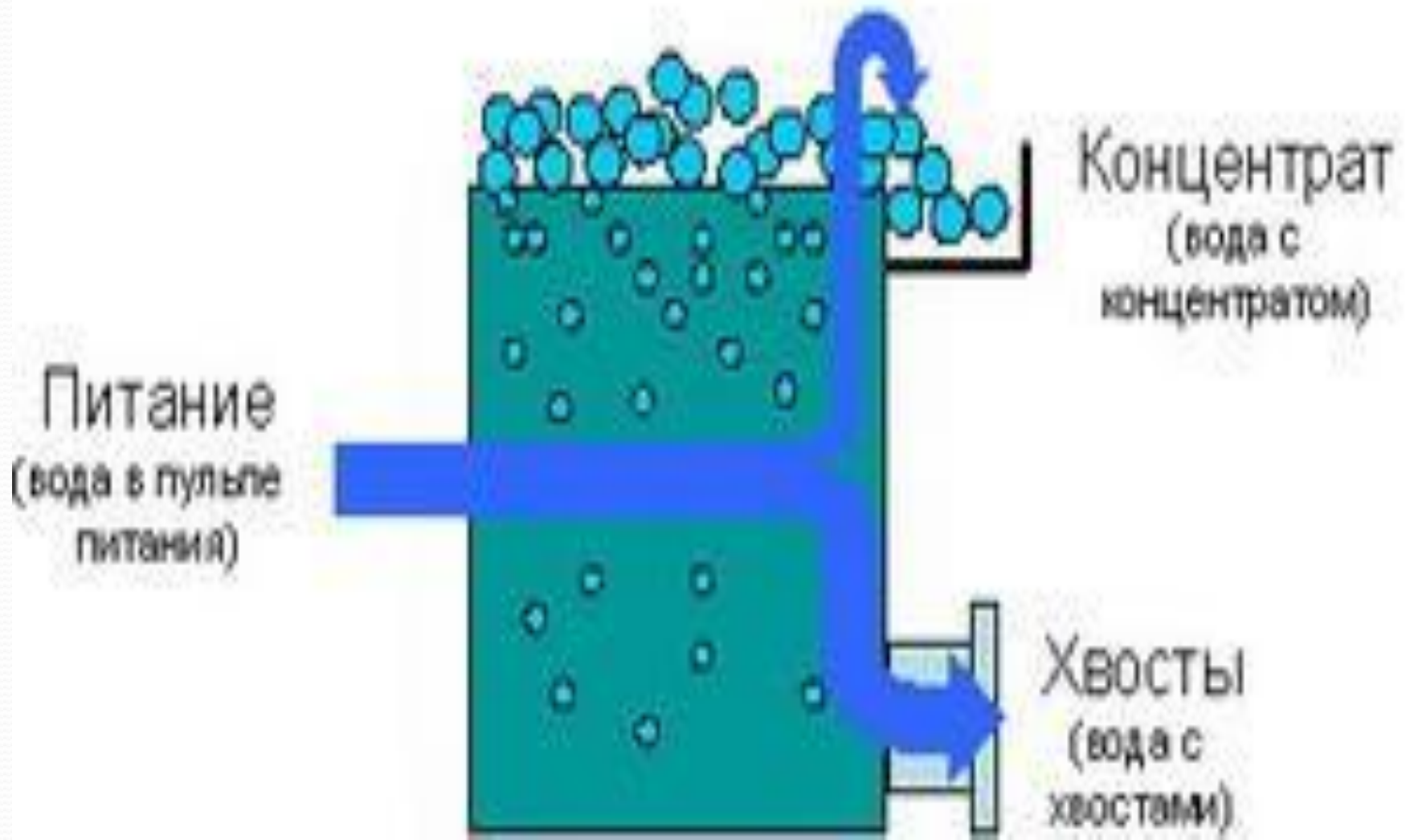


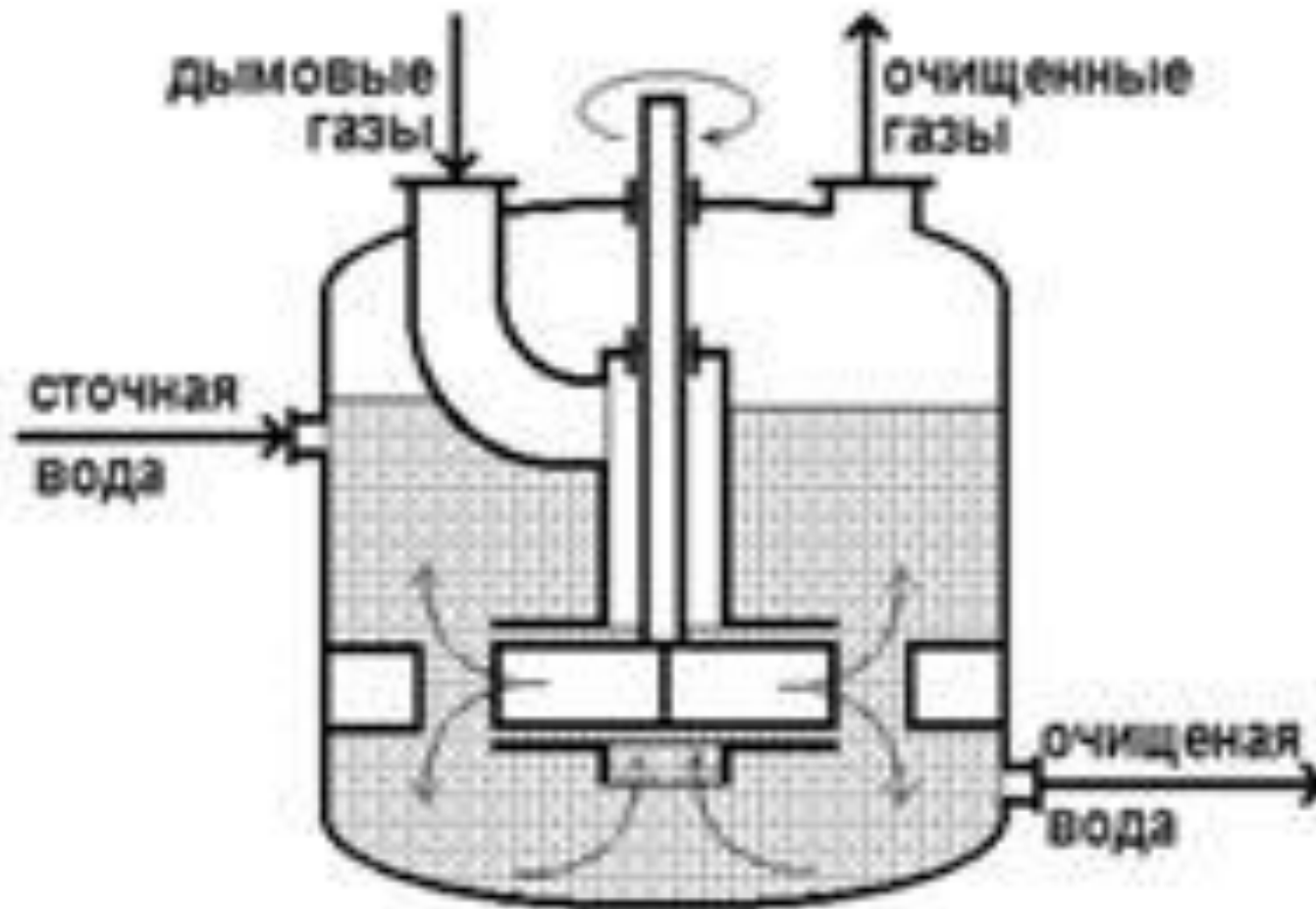
Схема сорбционной установки непрерывного действия: I – подача сточной воды; II – отвод очищенной воды; III – подача пара: 1 – усреднитель; 2 – насос; 3 – фильтр; 4 – колонна; 5 – емкость



Обратный осмос

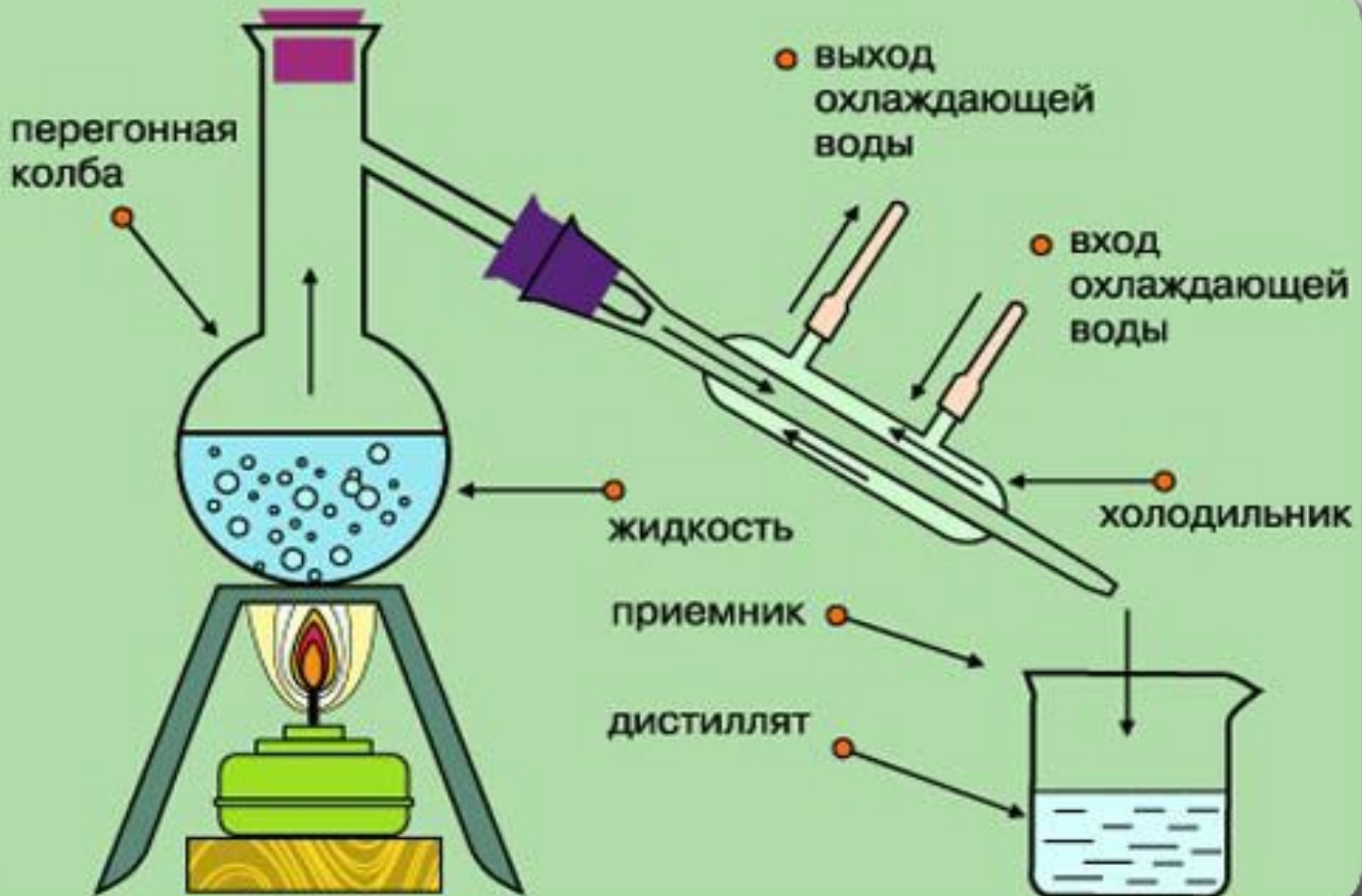
Пенная флотация



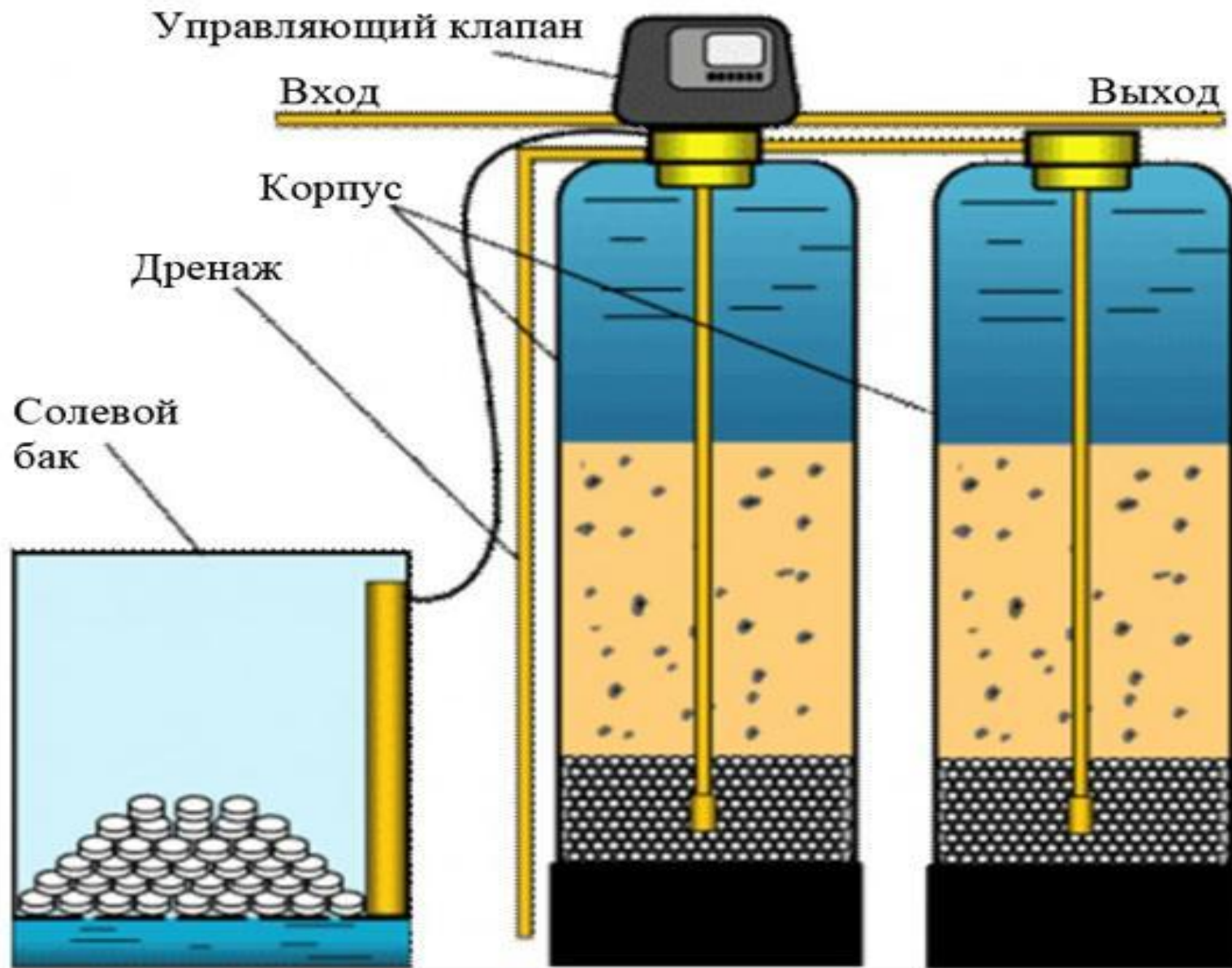


Нейтрализация

Выпаривание



Ионообменная очистка

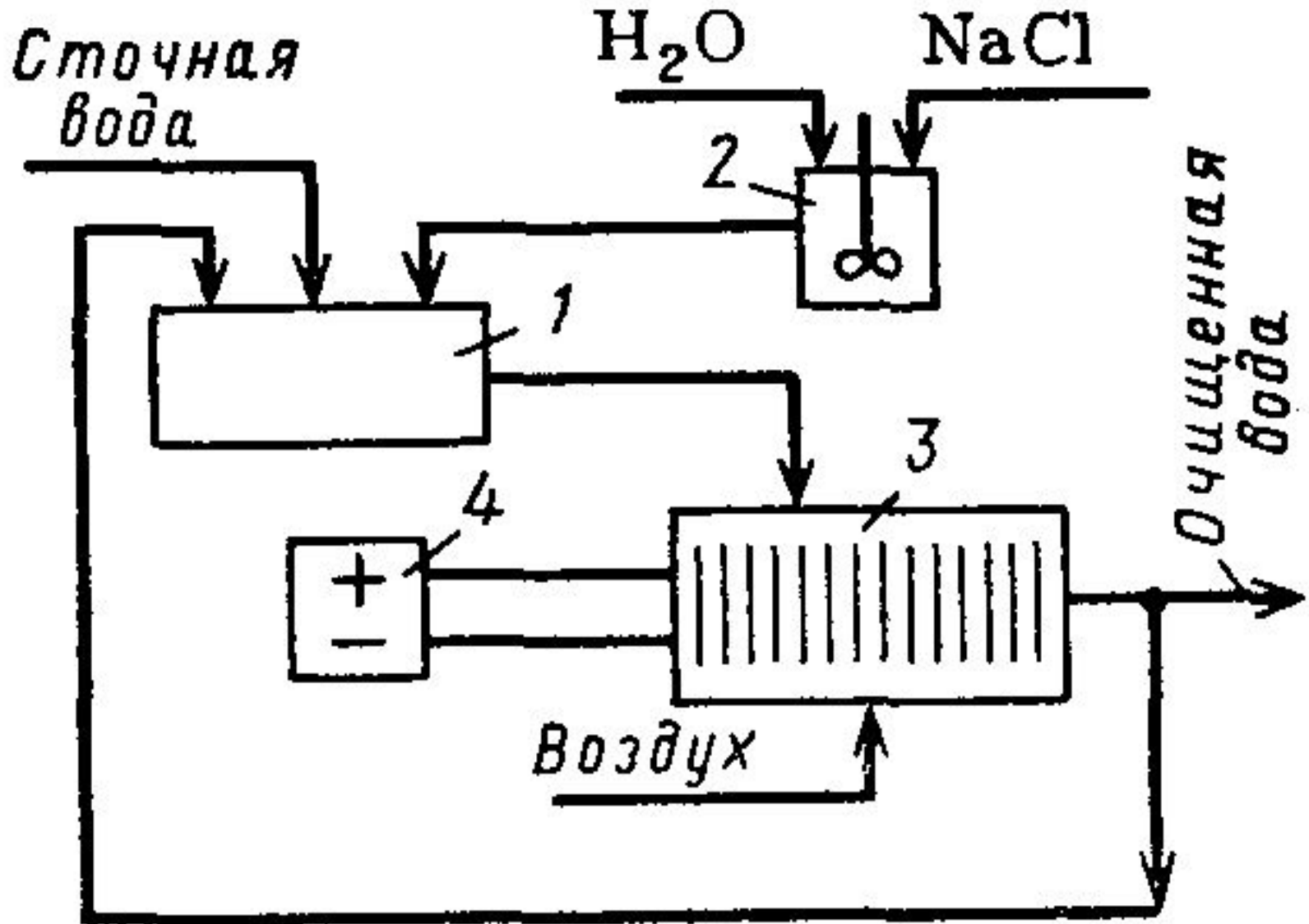


Кристаллизация



замерзание воды

Электрохимическая обработка очистка сточных вод



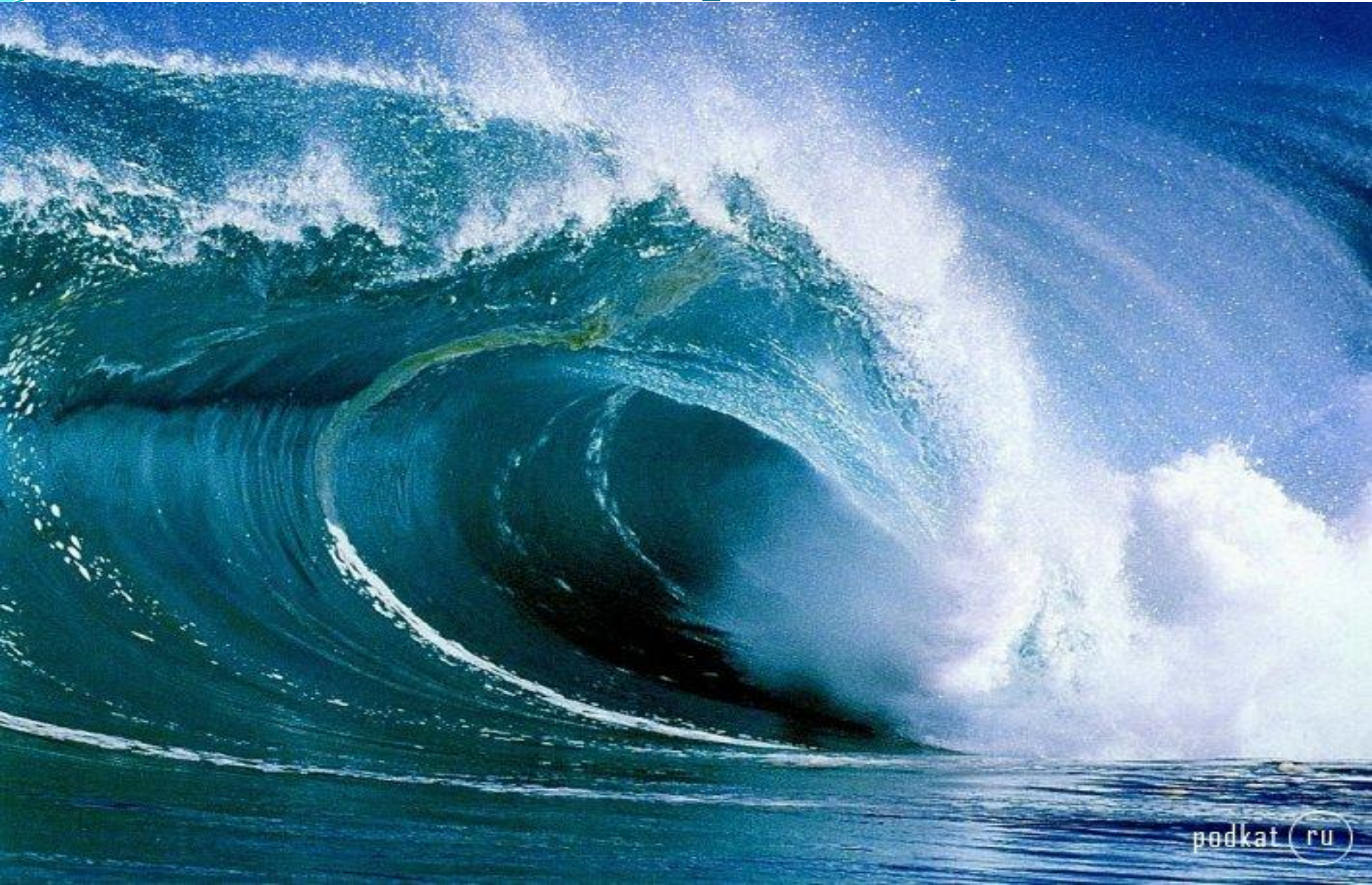
Океаны: Процессы в дельтах



*Состав основных ионов
в пресной и морской воде в моль * л⁻¹*

	Речная вода	Морская вода
Na⁺	0,23	470
Mg²⁺	0,14	53
K⁺	0,03	10
Ca²⁺	0,33	10
HCO₃⁻ /SO₄²⁻ /Cl	0,85 /0,09 /0,16	2 /28 /550
Si	0,16	0,1

Потоки море - воздух



В атмосферном воздухе всегда находится определённое количество водяных паров



Эвапориты



Катионный обмен

В процессе ионного обмена на глинистых минералах, перемещающихся из речной воды в морскую, удаляется около 26 % от речного притока Na^+ в океаны и существенны процессы удаления K^+ и Mg^{2+} . Глинистые минералы служат также заметным источником Ca^{2+} в океаны, добавляя лишние 8 % к притоку с реками. Однако эти современные значения, по-видимому, вдвое больше долговременных величин из-за влияния необычайно высоких скоростей послеледникового привноса взвешенного твердого материала.

Осаждение карбонатов

Поверхностная морская вода пересыщена в отношении кальцита в три раза. Абиогенное осаждение CaCO_3 представляется ограниченным и привязанным к географически и геохимически необычным условиям. В самом деле, вероятно, что большие области континентальных шельфов в современных океанах, образовавшиеся во время поднятия уровня моря в последние 11000 лет, действительно составляют около 45 % глобальных отложений карбонатов. Эти глубинные морские отложения, в среднем около 0,5 км по толщине, покрывают примерно половину поверхности глубокого океанического дна. Богатые карбонатами илы состоят из скелетов фитопланктона и зоопланктона.

Антропогенное воздействие на главные ионы в морской воде

Локальное антропогенное загрязнение морской среды обычно мало в масштабах планеты, но носит непрерывный характер, легко распределяется в морской среде на большие расстояния и постепенно перерастает в глобальное антропогенное загрязнение океана.

Существует два механизма загрязнения природной водной среды: токсическое и эвтрофирование.

Под токсическим загрязнением понимают внесение в водную среду токсических компонентов, таких как ионы тяжелых металлов, хлорированные углеводороды, нефтепродукты, канцерогенные вещества. Вещества являются опасными, прежде всего для биоты водных экосистем, а также ухудшают качество воды в такой степени, что это представляет угрозу для здоровья населения и ограничивает режимы водопользования.

Эвтрофирование – это явление избыточного поступления в водную среду биогенных элементов (соединения фосфора, азота и кремния), являющихся питательными веществами для водной флоры и фауны, что обуславливает избыточную продукцию планктонных водорослей и ухудшает условия ее утилизации. кислорода в воде.

Следовые химические компоненты в морской воде

В химии морской воды преобладает семь основных ионов, но в ней присутствуют также все остальные элементы, хотя и находящиеся часто в крайне низких концентрациях.

Растворенные в морской воде металлы происходят из различных источников, например, в результате растворения чувствительных к окислительно-восстановительным условиям металлов. В целом более важен привнос из атмосферы и с реками. Сдвиг в сторону увеличения атмосферного источника для некоторых металлов может вызвать возрастание их концентраций в водах открытого океана, поскольку металлы, привносимые с реками, обычно удаляются в дельтах.



Спасибо за внимание!