



## История и сущность.

Выпуск второй. Москва. 1992. Электрохимическая активация. Новая техника.  
Новые технологии.

*Бахир В.М.*  
академик АМТНР (г. Москва)

Последние несколько лет электрохимическая активация (ЭХА) привлекает все большее внимание специалистов различных отраслей и ученых возможностью безреагентного экологически чистого изменения кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных свойств воды различной степени минерализации: от дистиллированной до сильно минерализованной. Пределы регулирования свойств воды с помощью ЭХА часто недоступны для традиционных химических методов.

Цель ЭХА - придание воде необходимых функциональных свойств перед использованием, в том числе каталической и биокаталической активности.

Электрохимическая активация производится путем катодной или анодной (униполярной) электрохимической обработке воды в диафрагменном электрохимическом реакторе. Диафрагма в виде пористой диэлектрической перегородки между электродами реактора препятствует смешиванию объемов воды (растворов) в анодной и катодной электродной камерах.

В результате обработки в катодной камере реактора вода насыщается продуктами катодных электрохимических реакций, обычно гидроксидами металлов, образовавшимися из растворенных солей, гидроксидионами, водородом. В момент и после катодной электрохимической обработки вода, для упрощения обозначения характера оказанного на нее воздействия, называется католитом.

При анодной обработке на нерасходуемом электроде вода насыщается продуктами окисления, в том числе кислотами, синтезированными из растворенных солей, кислородом, хлором. В момент и после анодной обработки вода называется анолитом.

Наличие устойчивых электрохимически синтезированных щелочей в католите и кислот в анолите не является признаком их активированности, как не являются им соответственно высокие и низкие значения рН католита и анолита, сохраняющие свое значение длительное время при хранении.

Активированное состояние воды и растворов в результате униполярной электрохимической обработке проявляется аномальной реакционной способностью католита и анолита в окислительно-восстановительных реакциях, в их каталической, биокаталической активности, аномальной физико-химической активности при взаимодействиях на границе раздела фаз и жестко коррелирует с измеряемыми параметрами, такими, как рН, окислительно-восстановительный потенциал, поверхностное натяжение, диэлектрическая проницаемость, электропроводность и другие.

Впервые термин "электрохимическая активация" появился в публикациях (1-6) ташкентской группы исследователей, работавших в этом направлении официально с 1974г. в системе Мингазпрома. Ими изучалось вызванное электрохимическим катодным или анодным (униполярным) воздействием метастабильное состояние жидкостей (водных растворов солей, глинистых суспензий). Результаты

исследований практически испытывались при бурении газовых и газоконденсатных скважин (7-10).

Были разработаны установки для электрохимической обработки бурового раствора (11) и воды (12), результаты внедрения которых вызвали большой интерес специалистов-нефтяников возможностью значительного (до 40%) сокращения расходов на бурение скважин.

К 1981г. технологические и конструкторские решения по использованию ЭХА в бурении и ряде смежных областей были защищены 150 а. с. СССР и 170 зарубежными патентами, в т. ч. США, Канады, Японии, ФРГ. Публикации о других областях применения ЭХА (13-16) вызвали интерес специалистов, а также породили повальное увлечение получением и медицинским применением "живой" и "мертвой" воды (17-20). Опыт, накопленный ташкентскими специалистами, распространялся с их помощью и использовался во многих организациях различных отраслей при экспериментальных лабораторных и промышленных исследованиях. Этот опыт был обогащен при практическом использовании массива информации о работах в области электрофлотации (21), начатых в шестидесятые годы.

Образовалось около пятидесяти неформальных творческих межрегиональных, межотраслевой коллективов исследователей, благодаря работе которых (22-24) с 1981 по 1985гг. создано на инициативной и официальной основе более 100 защищенных а. с. СССР принципиально новых технологических и конструкторских решений в области прикладных аспектов ЭХА. Наиболее плодотворной в этот период оказалась творческая связь ташкентской группы специалистов ЭХА с казанскими и нижекамскими учеными и специалистами-химиками. Она позволила расширить возможность официального проведения работ в области ЭХА на организации системы Миннефтехимпрома СССР и Минвуза РСФСР (25). После прекращения Мингазпромом в 1984 г. работ в области ЭХА, причины и следствия которого описывались в (26-28), ташкентская группа исследователей продолжила работу в системе Миноборонпрома и Птицепрома УзССР. Этот период е., деятельности (с 1985-1987 гг.) характеризуется появлением новых более совершенных конструкций и технологий (29), защищ.,нных 32 а. с. СССР.

В 1981-1988 гг. были проведены теоретические и прикладные исследования, обосновывающие эффективность и уникальные технологические перспективы ЭХА, а также рассматривающие возможные механизмы процессов (30-52). На этом фоне является формально странной, а фактически закономерной реакция академической науки, представленной учеными Института электрохимии АН СССР. Периодически с 1985 г. в научно-популярных изданиях появляются их публикации, которыми читателей пытаются убедить, с одной стороны, в том, что электрохимическая активация - это выдумка дилетантов, а, с другой, что все проблемы в этой области специалистам-электрохимикам давно известны и успешно ими решены (53-55). Практически же в мире отсутствует опыт разработки, изготовления и эксплуатации специализированных установок для электрохимической анодной или катодной (униполярной) обработки разбавленных растворов с многообразным и изменяющимся во времени химическим составом с целью их последующего использования в каких-либо технологических процессах или взаимодействиях.

Этим и объясняются многочисленные неудачные попытки промышленного применения "живой" и "мертвой" воды, получение которой, как следует из популярных журналов, вроде бы несложно.

Начиная с 1985 г., в казанской-нижекамской группе исследователей происходит формирование собственных подходов к развитию ЭХА. Идеологическая основа работ этой группы состоит в стремлении получить промышленный технологический и (или) экономический эффект от использования ЭХА при помощи электрохимического оборудования, обладающего минимально необходимыми технологическими возможностями. Это позволяет решать технологические задачи, демонстрировать высокую эффективность ЭХА и создавать тем самым общественную потребность в ее развитии. Совершенствование техники происходит на пути технического и технологического приспособления имеющихся ЭХА-устройств к традиционной основной технологии, что не приводит к существенному улучшению технического уровня специализированного оборудования для ЭХА.

Идеологическая концепция развития ЭХА в ташкентской группе сформулирована в 1984 году. Она заключается в стремлении к созданию технически и технологически совершенных ЭХА-устройств: долговечных, удобных в эксплуатации, надежных в различных условиях работы, автоматически поддерживающих заданный режим, экономичных, экологически чистых, обладающих техническими параметрами, позволяющими включать их без каких-либо сложных промежуточных согласующих систем в различные современные технологические процессы или создавать на их основе принципиально новые технологии. Эта концепция существенно дополнена при расширении состава ташкентской группы и превращения ее в 1987 г. в московско-ташкентскую, участники которой ведут официально работы в области ЭХА, кроме названных выше, также в организациях системы Минхимпрома, Минздрава СССР, Минвуза РСФСР, а также в ряде совместных предприятий. Дополнение первоначальной концепции состоит в формулировке основного пути совершенствования ЭХА-устройств: миниатюризации элементов и узлов при одновременном повышении удельной производительности и экономичности за счет использования новых материалов и новых технологических схем работы оборудования ЭХА (56). Практическое использование этой расширенной концепции позволило в 1983-1990 гг. создать ряд лабораторных и промышленных установок различного назначения (57-65), намного превосходящих лучшие изделия зарубежных фирм (66).

Известны три основных фактора, обуславливающих физико-химическую активность анолита и католита.

Первый из них - щелочи, кислоты, другие стабильные продукты электрохимических реакций в католите и анолите, которые с успехом заменяют традиционные химические добавки, обеспечивают достижение лучших результатов при использовании католита и анолита вместо обычной воды.

Второй - высокоактивные неустойчивые продукты электрохимических реакций, время жизни которых ограничено несколькими часами (например свободные радикалы). Они значительно усиливают проявление кислотных, окислительных, щелочных и восстановительных свойств анолита и католита. Получить их в воде путем растворения химических реагентов, как правило, невозможно вследствие уникальности условий электрохимического синтеза.

Наконец, наличие долгоживущих диссипативных структур, сформированных в области объемного заряда у поверхности электродов, как свободных, так и в виде гидратных оболочек ионов, молекул, радикалов, атомов, что придает анолиту и католиту свойства катализатора самых различных химических реакций, в том числе

биохимических, так как способствует изменению активационных электрохимических барьеров между взаимодействующими компонентами.

Именно квазиустойчивые изменения воды в электрическом поле у поверхности электрода с напряженностью до нескольких миллионов вольт на сантиметр являются причиной ее активации. Именно их получение является в ряде случаев основной задачей электрохимической активации - для тонких и точных процессов в биологии, медицине, микроэлектронике, фармации.

В промышленных электролизерах, работающих на концентрированных растворах, эффект образования диссипативных (активационных) структур отсутствует, так как условия электролиза, как правило, близки к равновесным. В большинстве известных электрохимических устройств для обработки разбавленных растворов и воды он проявляется крайне незначительно. Диссипативные структуры, вызванные дестабилизирующим воздействием электрического поля на тонкий слой объемного заряда вблизи электродных поверхностей, формируются в этом случае на расстоянии порядка радиуса дебаевского экранирования (не более 5-6 А) в условиях устойчивой работы электрохимического реактора, т. е. при низкой степени массообмена в слое объемного заряда. Поэтому они представляют лишь незначительную часть в объеме католита и анолита (не более 1%). Гораздо больший объем занимают активационные структуры католита и анолита, полученные в электрохимических реакторах с неустойчивым, далеким от равновесия режимом работы, при котором возникают автоколебательные процессы в диафрагме и ячеистая конвекция раствора в виде микровихревых образований на поверхности электродов, т.е. диссипативных структур более высокого уровня, являющихся формами пространственной самоорганизации электрохимической системы. Достижение стационарного состояния работы электрохимического реактора в таком режиме - сложная научно-техническая и инженерная задача. Она решена в установке типа "Эльф", "Гном", "Свеча", "Базекс", "Стэл".

Определить точно влияние каждого из трех активно действующих факторов католита и анолита (устойчивых, неустойчивых, метастабильных) продуктов электрохимических реакций и структурных возбуждений воды) невозможно, так как в большинстве практических случаев общим свойством всех трех действующих факторов католита является усиление щелочных и восстановительных свойств и ослабление кислотных и окислительных в любых реакциях, равно как три аналогичные фактора анолита проявляют обратные свойства.

Вместе с тем полностью исключить или свести к минимуму влияние любого из названных трех факторов можно, изменяя условия работы технически совершенного электрохимического реактора, в котором размеры и форма электродных камер соответствуют характерным размерам диссипативных структур высшего уровня (с энергетической подпиткой от зон объемного заряда), физико-химические, физико-механические и фильтрационные свойства диафрагмы обеспечивают возможность работы в автоколебательном режиме при минимальном диффузионном и фильтрационном переносе между электродными камерами, а гидравлическая система обеспечивает стабилизацию на заданном уровне давлений, концентраций и объемных подач растворов в электродные камеры реактора.

Объективные сложности в создании таких электрохимических реакторов до сих пор сдерживают практическое использование ЭХА. Существенным шагом к появлению технически рациональных электрохимических реакторов явилась разработка универсальных миниатюрных электрохимических элементов с оксидно-циркониевыми диафрагмами, универсальных электрохимических мембранных

дозаторов, систем подавления электроосмотического переноса и предотвращения потерь вспомогательного электролита, газоотделительных клапанов, устройств для сжигания электролизных газов, электрохимических систем утилизации отработанного вспомогательного электролита и других устройств и систем.

Практическое применение установок для электрохимической активации воды, в которых использованы перечисленные разработки, подтверждает представление о том, что электрохимическая активация - одна из наиболее универсальных технологий, гарантирующих экологически чистое будущее.

## ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1. В.М.Бахир, А.Р.Атаджанов, У.Д.Мамаджанов, С.А.Алехин, Н.А.Мариампольский, А.Х.Наджимитдинов. Активированные вещества. Некоторые вопросы теории и практики. Известия АН УзССР, серия технич. наук, 1981, N 5.
2. В.М.Бахир, П.Л.Кирпичников, А.Г.Ликумович, Л.Е.Спектор, У.Д.Мамаджанов. Механизм изменения реакционной способности активированных веществ. Известия ЛН УзССР, серия технич. наук, 1982, 4.
3. В.М. Бахир, А.Г.Ликумович, П.А.Кирпичников, Л.Е.Спектор, У.Д.Мамаджанов. Физическая природа явлений активации веществ. Известия АН УзССР, серия технич. наук, 1983, 3.
4. У.Д.Мамаджанов, В.М.Бахир, Н.А.Мариампольский, С.А.Алехин, Х.А.Алимджанов, А.А.Теригулов. Электрохимическая активация химических реагентов и буровых растворов. М., Недра. Газовая промышленность, 1981, 10.
5. В.М.Бахир, Л.Е.Спектор, Г.Р.Мирзакаримова, У.Д.Мамаджанов. Активация в биологии. М., Профиздат. Техника и наука, 1982, 12.
6. С.Л.Алехин, В.М.Бахир, Ш.Х.Джанмамедов, Н.А.Мариампольский, А.А.Рубан. Опыт использования методов электрохимической активации бурового раствора. М., ВНИИЭГАЗПРОМ. Бурение газовых и морских нефтяных скважин. Реф. сб., 1981, вып.3.
7. У.Д.Мамаджанов, В.М.Бахир, Г.И.Деркач. Магнитоэлектрические свойства буровых растворов и их использование для повышения эффективности бурения. М., ВНИИЭГАЗПРОМ, 1975, Научно-технический обзор, 40 с.
8. С.А.Алехин, Ф.Н.Мухтасимов, Т.Р.Парпиев, Т.Т.Кудактина, М.П.Ларионова. Особенности электрообработки высокоминерализованных вод, используемых для бурения. М., ВНИИЭГАЗПРОМ, 1985, 51 с.
9. В.М.Бахир, У.Д.Мамаджанов. Поверхностные явления в дисперсных системах в условиях униполярного электрического воздействия. Минск, Наука и техника, 1977. Тезисы докладов на VII Всесоюзной конференции по коллоидной химии и физико-химической механике.
10. В.М.Бахир, Ю.Г.Задорожний, В.А.Александров, Г.С.Ризаев. Некоторые вопросы электрообработки буровых растворов. Ташкент, Фан, 1977. Тезисы докладов на 11 Республ. конф. молодых ученых и специалистов по технологии добычи и транспорта газа.
11. И. В.М. Бахир. Установка для электрообработки бурового раствора - УОБР. М., ВНИИЭГАЗПРОМ, 1977, Инф. листок 27.
12. В.М.Бахир. Установка для электрообработки минерализованной воды - УЭВ.М., ВНИИЭГАЗПРОМ. 1979, Инф. листок 28.
13. Е.Евсеев. Эти активированные жидкости. ТиН, И 11, 12, 1981г 1,1982.
14. В.М.Латышев. Неожиданная вода. ИР, № 2, 1981.
15. Ю.Егоров. Сюрпризы воды. Советский Союз, 9, 1981.

16. Ю.Егоров. Академик В.В.Вахидов: Активированная вода перспективна. ИР, 9, 1981.
17. С.Гуров. В поисках "живой" воды, Неделя, 19, 6-12 мая, 1985.
18. Исцелит ли панацея? Неделя, 40, 30 сент.-6 окт., 1985.
19. Н.Славуцкая. За "живой" водой не за тридевять земель. Московская правда, 28 сентября, 1984.
20. Е. Новогрудский. На гребне модвы. В.Лепяхин. Стакан из сказок. ЛГ, 11 сентября, 1985.
21. В.А.Чантурия, В.Д.Лунин. Электрохимические методы интенсификации процесса флотации М., Наука, 1983.
22. Тезисы докладов на 11 Совещании по электрохимической активации сред. Казань, КХТИ, 1987, 99 с.
23. Химия - традиционная и парадоксальная. Под ред. Р.В.Богданова. Л., ЛГУ, 1985, 312 с.
24. Е.Г.Бердичевский. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки материалов. Справочник. М., Машиностроение, 1984, 224 с.
25. П.А.Кирпичников, З.М.Бахир, П.У.Гамер, Г.А.Добреньков, А.Г.Ликумович, Б.С.Фридман, С.И.Агаджанян. О природе электрохимической активации сред. Доклады АН СССР, 1986, т. 286. 3, с. 663-666.
26. В.М.Латышев. Куда течешь "неожиданная вода"? ИР, 2, 5, 1985.
27. Е.Евсеев. Вокруг "живой" воды. ТиН, 5, 1985.
28. Н.Гладков, Н.Морозов, В.Реут. Водная феерия. Судьба одного поиска. Правда, 8 июля, 1985.
29. В.М.Бахир, Н.Г.Цикоридзе, Л.Е.Спектор, Р.Г.Дадиани, Ю.Г.Задорожний, М.В.Мечехия, А.Г.Ликумович, П.А.Кирпичников, С.И.Агаджанян, Ю.В.Латышев. Электрохимическая активация водных растворов и ее технологическое применение в пищевой промышленности. Тбилиси, ГрузНИИТИ, вып. 3, сер. Пищевая промышленность, 1988, 81 с.
30. А.Е.Богатырев, Л.И.Шушунова, Г.М.Цыганов. Активирование веществ и его технологические применения. Обзоры по электронной технике. Серия 6. Материалы. М., ЦНИИ "Электроника", 1984, 44 с.
31. В.И.Быков, А.П.Свитин. Методы расчета параметров активации молекул. Новосибирск, Наука, 1988, 208 с.
32. В.И.Классен. Физическая активация воды и ее применение в народном хозяйстве. Химическая промышленность, 5, 1985.
33. М.А.Кирдиваренко, Г.А.Кренис. Электрохимическая активация минеральных адсорбентов различной природы. Деп. в АгроНИИТЭИпищепроме 4 января 1987, 1472.
34. В.М.Рогов, В.Л.Филипчук. Электрохимическая технология изменения свойств воды. Львов, Выща школа, 1989, 127 с.
35. П.А.Кирпичников, А.Г.Ликумович, Ю.Е.Шапиро, В.Я.Горбатюк, Г.А.Добреньков, С.Н.Агаджанян. О природе электрохимической активации сред. Структурные изменения водных растворов. Доклады АН СССР, 1990, с. 126-129.
36. В.М.Горбатов, Н.А.Пироговский, А.Б.Хакимджанов, В.Л.Князева. Активированные водные растворы и возможности их применения в мясной промышленности. Обзорная информация, ЦНИИТЭИмясомолпром, 1986, 470.  
\*
37. В.Т.Стельмах. Технологическая линия обработки овощей электролизной водой. Инф. листок ЛенЦНТИ, Л., 300-86.
38. В.Т.Стельмах. Установка для предпосадочной обработки картофеля. Инф. листок ЛенЦНТИ, Л., 938-87.
39. В.Т.Стельмах. Технология предпосадочной обработки клубней электрлизной водой. Инф. листок ЛенЦНТИ, Л., 991-87.

40. Л.П.Блонская, А.П.Миронова, В.А.Окулова. Электрообработка семенных клубней картофеля перед посадкой. Электронная обработка материалов. АН Молд. Сер, 1985, 1.
41. О.М.Гаевская, М.Н.Мурманцев. О возможности предпосадочной стимуляции клубней картофеля электрическим полем в условиях Дальнего Востока. Сб. научн. тр. Приморского СХИ, Уссурийск, 1983..
42. Интенсивные технологии приготовления кормов. Под ред. З.Ф.Каптура. Минск, Ураджай, 1989. с. 109-126.
43. О.А.Пасько. Комплексный способ предпосевной подготовки семян цветочных растений. Инф. листок Томского МТЦ НТИиП, 1989, 27-89.
44. О.А.Пасько. Способ получения стимулятора роста и развития растений. Инф. листок Томского МТЦ НТИиП 1989, 113-89.
45. О.А.Пасько. Стимулирование роста и развития растений огурцов и салата. Инф. листок Томского МТЦ ИНТИиП, 1989, 83-89.
46. И.С.Кауричев, Д.С.Орлов. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. М., Колос, 1982.
47. А.Н.Сахаров. Активация воды электростатическим полем. Научн.-техн. бюллетень по аэрономической физике. Изд. АФИ, Л., 1983.
48. В.Г.Романов. ЭХАС: все понятно, кроме... Химия и жизнь, 8, 1986.
49. С.Я.Ремпель. Еще о "живой" и "мертвой" воде. Химия и жизнь, 6, 1986.
50. В.Коть. Вездесущая перекись. Химия и жизнь, 7, 1989.
51. Ю.А.Фурманов. Давайте дуть на воду! Химия и жизнь, 7, 1985.
52. И.Д.Зайцев, Э.И.Креч. Применение и познание временно активированной воды Химическая промышленность, 1989. 4. с. 44-47.
53. В.Л.Гринберг, А.М.Скундин. Ничего мистического. Химия и жизнь, 7, 1985.
54. В.А.Гринберг. А.М.Скундин. Что ты делать мастер. Химия и жизнь, 5, 1988.
55. Ю.Г.Чирков. Как Афродита из пены морской. М., Советская Россия, 1988, 208 с.
56. В.М.Бахир. Сущность и перспективы электрохимической активации. Деп. в НИИТЭН 25 апреля 1980, 410-хп.
57. Установка "Стэл" для получения моющего, дезинфицирующего и стерилизующего растворов. Каталог изделий медицинской техники. М., ВНИ-ИИМТ.1990.с.59-61.
58. Установка портативная "Стэл-МТ-1". Каталог изделий медицинской техники. М., ВНИИИМТ, 1990, с. 62-64.