

УДК 378:579+663/664 (Высшее профессиональное образование. Педагогика высшей школы. Микробиология. Биохимия, физиология, морфология, цитология, генетика, экология микроорганизмов. Прикладная микробиология (медицинская, ветеринарная, санитарная, космическая, сельскохозяйственная, промышленная и химическая, пищевая, водная микробиология. Пищевая промышленность (в целом). Пищевые производства)

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД В УЧЕБНОМ ПЛАНЕ БИОТЕХНОЛОГОВ

© 2017 О.Н.Чечина

Ольга Николаевна Чечина, доктор химических наук, профессор кафедры технологии пищевых производств и парфюмерно-косметических продуктов. E-mail: [chchinao@yandex.ru](mailto:chchinao@yandex.ru)

Самарский государственный технический университет. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 19.05.2017

Проанализировано содержание учебных дисциплин специальности Биотехнология на всех этапах обучения. Показаны целесообразность и экспериментальная возможность обучения теоретическим методам и практическим приёмам теоретической и прикладной электрохимии. Раскрыты возможности совершенствования биотехнологического метода в направлении повышения его универсальности, точность и воспроизводимость без применения потенциально опасных химических реагентов, как в теоретических исследованиях, так и в организации аналитического контроля в производственном процессе по выработке пищевой продукции. Доказано, что с использованием электрохимического подхода возможна значительная интенсификация производственных процессов и улучшение органолептических свойств, а также других показателей качества выпускаемой продукции. Необходимо централизованно стимулировать внедрение предлагаемых технологических усовершенствований по аналогии со стимулированием природоохранных мероприятий.

**Ключевые слова:** биотехнология, электрохимия, междотраслевые дисциплины, теоретическое обоснование, окислительно-восстановительный потенциал, термины, активная вода, контроль процессов на производстве, точность, регулируемость, универсальность, безреагентность, качество продукции, интенсификация.

Биотехнология как прикладной метод полезного практического использования биологической энергии в различных целях является междотраслевой наукой по определению. Этот метод применяется в химической и пищевой промышленности, в медицине, в сельском хозяйстве, в металлургии и водоснабжении. Поэтому важной задачей развития методики описания и изучения объектов исследования и практического применения является максимальное использование не только хорошо разработанного аппарата классической химии в её аспектах неорганического и органического профиля, но также аппарата физической химии и, в частности, электрохимии. Электрохимия аналогично биотехнологии устанавливает энергетическую связь разных форм движения материи и является междотраслевой наукой. Уже имеются разработки по *биоэлектрохимии* – электрохимическому описанию этапов жизнедеятельности клетки как таковой [1]. Но пока отсутствует систематическое руководство по применению электрохимического метода в *практической* биотехнологии, в прикладной сфере промышленного производства.

Как прикладная дисциплина электрохимия аналогична биотехнологии, области её примене-

ния разнообразны. Электрохимия и биотехнология имеют общую базу подготовки. Но, тем не менее, нельзя выявить прямые связи прикладных направлений этих методов, так как известные электрохимические методики лишь применяются в биотехнологии на уровне живой материи и, следовательно, не имеют сами по себе особенностей. Имеются сложности чисто *методического* характера, связанные с отсутствием одного стиля описания: разные авторы пользуются разными технико-лингвистическими приёмами и обозначениями. Электробиотехнология (сразу введём этот термин, не требующий специальных пояснений) получит признание лишь при условии оформления всех известных понятий в одном руководстве одним автором. Пока разные аспекты использования электрохимического подхода в описании и в практическом применении биотехнологических методик разбросаны по разным источникам, которые зачастую отличаются по стилю, и, поэтому, их трудно использовать в едином процессе обучения.

С целью создания соответствующего учебного руководства необходимо рассмотреть поэтапно [2] электрохимические аспекты учебных дисциплин

лин в рабочем учебном плане, обучая бакалавров по специальности Биотехнология.

Базовым «нулевым» этапом электрохимической подготовки примем описание основных понятий электрохимии и электрохимических терминов [3, с. 70–77; 4]. Объём теоретического материала – не более 2–3 лекций.

1. *Первым* этапом обучения для биотехнологов является изучение дисциплины Биология и Микробиология и примыкающей к ней дисциплины Экологическая биотехнология, в которой также по существу изучают полезную работу микроорганизмов по очистке различных жидких отходов от загрязнений органического происхождения. Ранее уже было решено, что именно на примере этой дисциплины есть возможность начать подготовку студентов по приёмам математической статистики [5, с. 38–43]. Практика работы по программе «Взлёт» для учеников средней школы [6] показала, что освоение этих методик можно начинать уже в средней школе, так как для этого у школьников есть достаточная подготовка и при этом отсутствуют «шаблоны мышления», которые мешают внедрению математических методов у химиков даже в Высшей школе. Проблема только в подготовке учителей. Наряду с теоретической подготовкой обучаемых по математическим методам эксперимента, на примере одной из лабораторных работ раздела «Биология клетки» целесообразно показать технику измерения и методику расчёта «окислительно-восстановительного (о/в) потенциала» биологической жидкости, например, внутриклеточной жидкости.

Здесь сразу же необходимо сделать оговорку. Термин «окислительно-восстановительный (о/в) потенциал», принятый в микробиологии, биологии, медицине, с точки зрения профессиональной электрохимии, является чистым жаргонизмом, он режет слух профессиональному электрохимику, который сталкивается с этим понятием. Действительно, все измеряемые в равновесных или стационарных условиях электродные потенциалы являются окислительно-восстановительными. В данном случае термин заимствован из классификации применяемых в измерительной практике приборов-электродов. Термин относится к электродам-приборам, которые, независимо от их назначения в измерительной практике, трудно отнести конкретно к электродам первого рода (обратимым относительно катионов) или к электродам второго рода (относимым относительно анионов). Измеряемые и обсуждаемые в электробиотехнологии электродные потенциалы явля-

ются по существу просто *компромиссными* (смешанными, сформированными протеканием одновременно нескольких о/в процессов) потенциалами обесточенных электродов и первого и второго родов. Таким образом, уже принят жаргонизированный термин, который наверняка может ввести в заблуждение любознательного читателя, который бы не поленился уточнить смысл понятия по оригинальной электрохимической литературе [7].

Этому важному вопросу уделяется внимание во всех прикладных дисциплинах по промышленному производству пищевых продуктов. Изложение методики специалистами какого-либо узкого профиля с точки зрения истинного специалиста-электрохимика насыщено неточностями. Так, нет понятного для приступающих к обучению, последовательного описания уравнения Нернста с последующим постепенным переходом к видоизменённым вариантам уравнения, приспособленного к чисто биологическим объектам. Необходимо точно использовать обозначения, введённые на «Базовом» уровне. К сожалению, сейчас можно увидеть заимствованные из иностранной литературы варианты записи без соответствующих пояснений. К сожалению, это относится и к другим базовым электрохимическим терминам и понятиям.

На втором этапе обучения биотехнологов необходимо проработать прикладные аспекты электробиотехнологии. Это относится, главным образом, к дисциплине «Промышленная биотехнология» (2–3 лекции и 2–3 лабораторные работы).

Работы по исследованию полезных процессов экстракции физиологически активных веществ из водных растворов во внешнем электрическом поле известны достаточно давно. В качестве модели процессов предполагалось действие электрофореза. При этом усилия исследователей направлены были на изыскание электродных материалов, которые бы обеспечили отсутствие электрохимических превращений целевых продуктов. Значительная перспектива применения электрохимического метода в пищевых промышленных производствах появилась благодаря исследованиям Бахира и его школы [8], в которых доказаны особые для биологии свойства воды, обработанной постоянным током – анолита и католита. Большой вклад в применение электрохимически активированной воды для объектов сельскохозяйственного производства в животноводстве сделан волгоградскими учёными [9].

В исследованиях, выполненных на кафедре ТПП и ПКП Самарского государственного технического университета (Сам ГТУ) совместно со студентами выпускных курсов и ученицей 11 класса впервые доказана эффективность применения катодной обработки молока и электроактивированной постоянным током воды в производстве пива [2], кисломолочных продуктов [10] и хлеба [6]. Экспериментально доказаны повышение экономической эффективности процессов и улучшение органолептических показателей для пивоварения, производства кисломолочной продукции и хлебопечения.

В перспективе, с использованием несложных и выпускаемых серийно электролизёров постоянного тока можно организовать для студентов практикум, в котором они могут изучить технологию упомянутых процессов – выработку пива, хлеба, кисломолочных напитков. При этом абсолютно необходимо познакомить студентов с методикой расчёта баланса напряжения электролизёра [11].

На *третьем этапе* обучения главной профилирующей дисциплиной является дисциплина «Проектирование биохимических предприятий». Это предопределяет такое важное прикладное направление электрохимии в биотехнологии как создание электрохимических датчиков регулирования режима ферментации [12] в первую очередь, датчиков pH и концентрации растворённого кислорода (2–3 лекции). Пока эти темы интересуют, в основном, специалистов по автоматизации контроля и регулирования. Поэтому главное внимание уделяется конструкциям соответствующих устройств и условиям эксплуатации. Тем не менее, и эти вопросы тесно связаны с теоретическим описанием электродных процессов в равновесных и неравновесных условиях [3]. Эти описания следует пересматривать, прежде чем использовать их в учебном процессе для специалистов-биотехнологов пищевых производств.

Касаясь внедрения электрохимического эксперимента в учебный процесс для контингента студентов и преподавателей химических специальностей, упомянем о «человеческом факторе». На опыте часто наблюдается «психологический барьер»

в виде «приборophobia» аналогично «числофобии» [13].

*Заключение.* 1. К настоящему времени электрохимический метод достаточно развит, и его можно использовать на всех уровнях биотехнологического подхода – теоретическом, аналитическом, технологическом. Это позволяет в сфере жизненно важных биологических интересов и потребностей человека – производстве продуктов питания использовать в полной мере такие важные достоинства электрохимии, как: *универсальность* (возможность применения одинакового научного подхода в описании, расчётах, приборном оформлении), что расширяет возможности экстенсификации, в том числе, и биотехнологического подхода, среди других областей науки и техники; *воспроизводимость и точность* контрольных измерений, особенно, в сочетании с методами математической статистики (по оформлению результатов эксперимента в электрохимии накоплен значительный опыт) [13]; *безреагентность* (неиспользование при производстве биотехнологической продукции различных потенциально опасных посторонних реактивов различного происхождения). С использованием электрохимического подхода возможна значительная интенсификация производственных процессов и улучшение органолептических свойств, а также других показателей качества выпускаемой биотехнологической продукции.

2. Существует необходимость создания специального учебного пособия по электробиотехнологии для студентов, обучающихся специальности «Биотехнология».

3. Внедрение электрохимической обработки сырья и воды для интенсификации технологического процесса и одновременного улучшения валеологического качества массовой биотехнологической продукции пищевых производств не сулит производителю сиюминутной и значительной материальной выгоды. Поэтому нужно рассмотреть возможность централизованного стимулирования таких технологических усовершенствований по аналогии со стимулированием природоохранных мероприятий.

1. Чизмаджев, Ю.А. Биоэлектрохимия: из прошлого в будущее // Соросовский образовательный журнал. 2000, Т.6, №3. С. 23–27: [http://dshinin.ru/Upload\\_Books3/Books/2012/05/19/201205192205181.pdf](http://dshinin.ru/Upload_Books3/Books/2012/05/19/201205192205181.pdf)
2. Чечина, О.Н. Биотехнологии в самарском регионе: монография в 2-х ч. Ч. I. Концепция биотехнологий. Этапы обучения. Ч. II. Практические биотехнологии и методики. Самара, Изд-во Сам ГТУ, 2014. 90 с.
3. Чечина, О.Н., Руденко, Е.Ю. Экологическая экспертиза товаров: учеб.-метод. пособие. Самара, Изд-во Сам ГТУ, 2011. 120 с.

4. Чечина, О.Н., Имангалиев, Т.А., Джанпаизова, В.М., Тасанбаева, Н.Б. Методы исследования в электрохимии органических соединений: методические указания к лабораторному практикуму по дисциплине «Технология электролиза без выделения металлов». Шымкент, Каз ХТИ, 1993. 56 с.
5. Чечина, О.Н., Кривова, Л.П. Общая биология и микробиология: лабор. практ. Самара, Изд-во Сам ГТУ, 2010. 107 с.
6. Галямова, А.М., Абдуразакова, В.П., Чечина, О.Н., Жаналиева, Р.Н. Исследование хлебопечения с водой, активированной бездиафрагменным электролизом // Тез. междунар. конф «Пищевые инновации и биотехнологии». Кемерово, 2017. С. 45–47.
7. Антропов, Л.И. Теоретическая электрохимия: учебник для студентов химических и химико-технологических специальностей ВУЗов. Изд. 4-е, доп. и перераб. 1984. 261 с.
8. Бахир, В.М. Электрохимическая активация: очистка воды и получение полезных растворов. М., ВНИИИМТ, «Маркетинг Саппорт Сервисиз», 2001. 176 с.
9. Осадченко, И.М., Горлов, И.Ф. Технология получения электроактивированной воды, водных растворов и их применение в АПК: монография. Волгоград, Волгоград. научное изд-во, 2010. 92 с.
10. Чечина, О.Н., Зимичев, А.В., Евсева, Ю.В. Способ приготовления кисломолочного продукта: положительное решение от 01.06.2016 по заявке на изобретение рег. №2016121762/10(034079).
11. Чечина, О.Н., Лунин, Е.В. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию для специальности 25.03 «Технология электрохимических производств», специализация 25.03.06 «Электрохимический синтез органических соединений». Чимкент, Казах. химико-технологический ин-т, 1991. 29 с.
12. Бирюков, В.В. Основы промышленной биотехнологии: учеб. пособ. М., КолосС, 2004. 295 с.
13. Чечина, О.Н. О трудностях внедрения математизированных методов в технической химии // Известия Самарского научного центра РАН. Социальные, гуманитарные и медико-биологические науки. Том 18, №1, 2016. С. 19–23.
14. Чечина, О.Н., Надиров, К.С., Сейдалиева, Г.Т. Математические методы в электрохимии и биотехнологии: учебное пособие. Алматы, РИК, 2001. 100 с.

## **ELECTROCHEMICAL METHOD IN THE CURRICULUM OF BIOTECHNOLOGY**

© 2017 O.N.Chechina

*Olga N. Chechina, doctor of chemistry sciences, professor of the Chair of Food Production Technology and Perfumery-Cosmetic Products. E-mail: [chechinao@yandex.ru](mailto:chechinao@yandex.ru)*

Samara State Technical University. Samara, Russia

The maintenance of course contents of Biotechnology specialty at all stages of learning is analyzed. The expediency and experimental possibility of training in theoretical and practical methods of theoretical and applied electrochemistry are shown. The possibilities of improving the biotechnological process to enhance its universality, precision and reproducibility without the use of potentially dangerous chemical reagents both in theoretical studies and in the organization of analytical control in production process of food products manufacturing are shown. It is proved that using of the electrochemical approach is possible to significant intensification of production processes and improvement of organoleptic properties and other quality indicators of products. It is necessary to promote centrally introduction of the offered technological improvements by analogy with stimulation of environmental protection measures.

*Key words:* biotechnology, electrochemistry, interdisciplinary subject, theoretical underpinning, redox potential, terms, active water, process monitoring at manufacturing, precision, adjustability, versatility, reagentless, product quality, intensification.

1. Chizmadzhev, Yu.A. Bioelektrokhimiya: iz proshlogo v budushchee (Bioelectrochemistry: from the past into the future) // Sorosovskii obrazovatel'nyi zhurnal. 2000, T.6, №3. S. 23–27: [http://dshinin.ru/Upload\\_Books3/Books/2012/05/19/201205192205181.pdf](http://dshinin.ru/Upload_Books3/Books/2012/05/19/201205192205181.pdf)
2. Chechina, O.N. Biotekhnologii v samarskom regione: monografiya v 2-kh ch. Ch.I. Kontseptsiya biotekhnologii. Etapy obucheniya. Ch.II. Prakticheskie biotekhnologii i metodiki (Biotechnologies in the Samara Region: the monograph in 2 parts. P. I. The concept of biotechnology. Grade levels. P. II. Practical biotechnologies and techniques). Samara, Izd-vo Sam GTU, 2014. 90 s.
3. Chechina, O.N., Rudenko, E.Yu. Ekologicheskaya ekspertiza tovarov (Environmental assessment of goods): ucheb.-metod. posobie. Samara, Izd-vo Sam GTU, 2011. 120 s.
4. Chechina, O.N., Imangaliev, T.A., Dzhanpaizova, V.M., Tasanbaeva, N.B. Metody issledovaniya v elektrokhemii organicheskikh soedinenii: metodicheskie ukazaniya k laboratornomu praktikumu po distsipline «Tekhnologiya

- elektroliza bez vydeleniya metallov» (Research methods in electrochemistry of organic compounds: a study guide to a laboratory workshop on discipline "Technology of electrolysis without release of metals"). Shymkent, Kaz KhTI, 1993. 56 s.
5. Chechina, O.N., Krivova, L.P. *Obshchaya biologiya i mikrobiologiya (General biology and microbiology): laboratornyi praktikum*. Samara, Izd-vo Sam GTU, 2010. 107 s.
  6. Galyamova, A.M., Abdurazakova, V.P., Chechina, O.N., Zhanalieva, R.N. *Issledovanie khlebopecheniya s vodoi, aktivirovannoi bezdiaphragmennym elektrolizom (Bread baking research with water activated by diaphragmless electrolysis) // Tezisy mezhdunar. konferentsii «Pishchevye innovatsii i biotekhnologii»*. Kemerovo, 2017. S. 45–47.
  7. Antropov, L.I. *Teoreticheskaya elektrokimiya (Theoretical electrochemistry): uchebnyk dlya studentov khimicheskikh i khimiko-tekhnologicheskikh spetsial'nostei VUZov. Izd. 4-e, dop. i pererab. M., Vysshaya shkola, 1984. 261 s.*
  8. Bakhir, V.M. *Elektrokhimicheskaya aktivatsiya: ochildka vody i poluchenie poleznykh rastvorov (Electrochemical activation: water purification and receiving of useful solutions)*. M., VNIIMT, «Marketing Support Servisiz», 2001. 176 s.
  9. Osadchenko, I.M., Gorlov, I.F. *Tekhnologiya polucheniya elektroaktivirovannoi vody, vodnykh rastvorov i ikh primeneniye v APK (Technology of receiving the electroactivated water, water solutions and their application in agrarian and industrial complex): monografiya*. Volgograd, Volgograd. nauchnoe izd-vo, 2010. 92 s.
  10. Chechina, O.N., Zimichev, A.V., Evseeva, Yu.V. *Sposob prigotovleniya kislomolochnogo produkta (Way of preparation of fermented milk product): polozhitel'noe reshenie ot 01.06.2016 po zayavke na izobretenie reg. №2016121762/10(034079)*.
  11. Chechina, O.N., Lunin, E.V. *Metodicheskie ukazaniya k kursovomu i diplomnomu proektirovaniyu dlya spetsial'no-sti 25.03 «Tekhnologiya elektrokhimicheskikh proizvodstv», spetsializatsiya 25.03.06 «Elektrokhimicheskii sintez organicheskikh soedinenii» (Study guide to course and degree design for specialty 25.03 "Technology of electrochemical productions", specialization 25.03.06 "Electrochemical synthesis of organic compounds")*. Chimkent, Kazakh. khimiko-tekhnologicheskii in-t, 1991. 29 s.
  12. Biryukov, V.V. *Osnovy promyshlennoi biotekhnologii (Bases of industrial biotechnology): ucheb. posob. M., KolosS, 2004. 295 s.*
  13. Chechina, O.N. *O trudnostyakh vnedreniya matematizirovannykh metodov v tekhnicheskoi khimii (About difficulties of mathematized methods introduction in technical chemistry) // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. Sotsial'nye, gumanitarnye i mediko-biologicheskie nauki. Tom 18, №1, 2016. S. 19–23.*
  14. Chechina, O.N., Nadirov, K.S., Seidalieva, G.T. *Matematicheskie metody v elektrokhimii i biotekhnologii (Mathematical methods in electrochemistry and biotechnology): uchebnoe posobie*. Almaty, RIK, 2001. 100 s.