

УДК 378:579.66 (Высшее образование. Университеты. Академическое обучение. Промышленная и химическая микробиология)

ОБРАЗОВАНИЕ НА ОСНОВЕ НАУКИ. ПРОМЫШЛЕННАЯ BIOTEХНОЛОГИЯ

© 2019 О.Н.Чечина

Ольга Николаевна Чечина, доктор химических наук, профессор кафедры технологии пищевых производств и биотехнологии. E-mail: chechinao@yandex.ru

Самарский государственный технический университет. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 18.02.2019

Работа посвящена оптимизации нового аспекта современного образования. Предназначена для преподавателей и студентов новой специальности Биотехнология. Впервые обобщены общие требования к технологическим научным исследованиям студентов, которые нацелены на продолжение в работах более высокого уровня. Ввиду разноплановости новой специальности и привлечения к преподаванию специалистов разного профиля поставлена цель конкретизировать требования к исследовательской работе по биотехнологии в техническом вузе. Приняты во внимание требования ГОС, отражённые в учебном пособии с грифом УМО, а также требования к квалификационным работам на уровнях инженерной подготовки, кандидата наук и доктора наук по специальностям технологии химических и биохимических производств. Проанализированы особенности экспериментального исследования биотехнологических производств, которые требуют всесторонней проработки всех этапов с учётом основ подготовки биообъектов, самой ферментации и заключительных операций. Выделены важные для исследователей, не имеющих технической подготовки инженерные основы экспериментально-расчётной проработки технологической схемы. Для обоснования технической возможности и целесообразности внедрения результатов любых исследований сформулированы требования анализа массовых, а также энергетических потоков. Отдельно выделен принцип научной грамотности в виде количественного подхода. Сформулировано требование экономической компетентности в решении проблем биотехнологий региона. Уточнены уровни технологического профессионализма в квалификационных работах.

Ключевые слова: оптимизация, современное образование, биотехнология; научные исследования, теоретические основы, количественный подход, экономическая компетентность, квалификационные работы, лабораторная установка, полупромышленная установка, оптимизация, масштабирование и моделирование.

Введение. В настоящее время в стране наблюдается недостаток квалифицированных кадров, способных реализовать проекты технологической модернизации; дефицит технологической культуры, хотя согласно статистике (10-самых востребованных профессий будущего) в ближайшее время на лидирующие позиции выйдут инженерные специальности, связанные с промышленным производством. При этом наряду с глубокой фундаментальной подготовкой основополагающим принципом в ведущих технических вузах является «обучение на основе науки» [1].

Известно, что Химия (Биология) – это экспериментальная наука о веществах (биообъектах), их строении и превращениях. Так же и «Теоретическая химия» основана на результатах научных экспериментов. Экспериментальной является и наука «Химическая (биохимическая) технология» – наука о способах и средствах достижения цели получения полезных продуктов и о взаимном влиянии факторов, определяющих этот процесс. Научное исследование любой технологии предполагает не только освоение методик эксперимен-

тирования с конкретными объектами. При этом *теоретической основой* Химической технологии является Химия, но *практический эксперимент* имеет свои отличительные особенности. Существует также термин Инженерия, который объединяет практические приёмы экспериментирования, включая прикладные аспекты физико-химических законов.

Экспериментальное исследование не является спонтанным и неорганизованным творческим процессом с заранее неопределённым итогом [2]. Особенностью исследования биотехнологических производств является то, что оно объединяет методы, присущие как всем вообще Химическим технологиям, так и Химии, так и Биологии и Микробиологии. Применительно к научной диссертации по исследованию биохимического или броидильного производства требование иметь изобретения по конкретному производству является строго обязательным. Изобретения нужны там, где обнаруживаются проблемы, которые обычными способами не разрешаются. Работа на уровне изобретения характеризуется уровнем

риска значительно выше среднего. Для достижения успеха нужен большой опыт работы. Важен человеческий фактор – терпение, трудоспособность, внимательность, обоснованная вера в свои возможности. Что же касается упорядоченности творческого процесса с элементами неопределённости, нужно учесть, что, как и все технические науки, Химические технологии требуют дорогостоящей материальной базы и других затрат, и далеко не всегда финансовые средства потенциального исполнителя даже очень важной работы совпадают с его творческими качествами и даже трудовыми навыками.

Научная специальность «Биотехнология» 03.01.06 включает, в том числе, изучение и разработку процессов и аппаратов микробиологического синтеза, который предполагает использование водных растворов. По специальности 05.18.07 также предусмотрена разработка новых процессов, технологий и оборудования для производства биологически безопасных пищевых продуктов. Действительно, все живые организмы функционируют (осуществляя химические метаболитические превращения) только с участием и в присутствии воды – в водной среде. Поэтому приборы и оборудование, используемые математические модели и методы расчёта для Биотехнологии должны обеспечить эти практические технологические нужды – анализ непрерывных массовых и энергетических потоков в каждом аппарате технологической схемы и в целом по схеме с целью оптимизации деятельности, как отдельных узлов, так и аппаратурно-технологической схемы в целом [3].

Затем проводится технологическая оптимизация нужного процесса.

Все экспериментальные расчёты выполняют с применением той или иной техники – от самой простой (калькуляторы) до вычислительной. Эта работа требует только внимательности и работоспособности. При достаточной практике производительность достаточна для проявления индивидуальных навыков и способностей. Это касается и проведения самого лабораторного эксперимента, на основе которого получают все необходимые расчётные коэффициенты о влиянии различных факторов на процессы массо- и энергообмена на всех стадиях производства.

Отдельно остановимся на *руководстве* исследованиями, на общих неперемных требованиях, которым должно удовлетворять исследование в области химической технологии вообще и биотехнологии – в частности. В требованиях к содер-

жанию автореферата научной диссертации [3; 4] сформулированы те положения, которым должно отвечать исполнение работы, и выполнение которых автор диссертации обязан продемонстрировать содержанием своей работы. Но понятие научной работы не ограничивается готовой диссертацией. Оно подразумевает *постановку работы* в целом, которая отражается в публикациях о результатах эксперимента, включая отчеты, отдельные статьи конкретного и обзорного характера, различные тезисы, заметки, рекламные материалы и тому подобное и которая отражается как в формулировке темы, так и в подходах к её проработке.

К постановке научного исследования предъявляются три основополагающих требования, которые, как «три кита» определяют ценность и востребованность химико-технологического исследования: А. Грамотность Б. Компетентность В. Профессионализм.

А. Грамотность. Во всех случаях экспериментальную работу начинают с всестороннего изучения литературных сведений о данной научной проблеме: насколько она разработана теоретически, какие имеет практические применения и каковы условия для её осуществления. Существует ряд разработок по самостоятельному составлению и оформлению литературного поиска и патентного исследования [5]. Но в действительности такую работу целесообразно окончательно оформлять по её завершении. Дело в том, что в процессе исследования возникают очень существенные вопросы, без решения которых продвижение невозможно и которые необходимо дополнительно просмотреть по литературным сведениям. Поэтому представление литературного обзора как первого этапа работы является чисто методической условностью. Даже при успешном завершении работы возможны варианты, когда весь литературный поиск и патентное исследование можно переделать заново, поскольку в процессе эксперимента возникает новый взгляд на проблему в целом. В таком случае стратегию составления обзора, который обычно выполняют в календарной последовательности, можно уподобить процессу проектирования по циклической методике. Широко распространены также стратегии последовательного и параллельного (по разным вопросам) выполнения этапов работы [6; 7]. Заключение по выполненному литературному поиску и патентному исследованию содержит постановку задачи, и его можно считать проектом всего исследования в целом.

Во-вторых, грамотно выполненное научное исследование должно быть всесторонне описано и обосновано *количественно*. В химической технологии любой научный эксперимент имеет количественное выражение результата – цифру. Отсутствие цифры, выражающей результат эксперимента, делает его неудавшимся, непригодным для дальнейшего продвижения в изучении объекта, так как делает невозможным проверку выполнения главного требования к результату исследования – требования воспроизводимости. Объективно можно сравнивать и убеждаться в получении адекватного научного результата только на основании цифры. Грамотный научный подход подразумевает, что любую технологическую закономерность обязательно выражают количественно [10; 11;13], с помощью уравнения, которое позволит с известной точностью рассчитать любой параметр в заданных условиях. Неколичественный, качественный подход категорически не одобряется и является общепризнанным критерием несерьёзности и ненаучности.

Б. Компетентность. Компетентный подход заключается в правильной формулировке целей и задач исследования с учётом сложившейся экономической ситуации в биотехнологии, в биохимических и броидильных производствах региона [8]. В монографии проанализированы проблемы биотехнологий Самарского региона. Первая проблема заключается в необходимости расширения сырьевой базы с учётом соблюдения требований комплексного использования сырья при одновременной переработке и предотвращении образования отходов. Вторая проблема – это необходимость дальнейшего стимулирования биотехнологических процессов на всех этапах производства, как биохимическими методами, так и с использованием электрохимии.

Большое значение имеет соблюдение требований к предмету исследования в соответствии с его ролью в правильно организованной биотехнологии [9] по этапам: подготовка биобъектов и субстратов; собственно ферментация; заключительные операции выделения, очистки продукта и придания ему товарного вида. При выполнении квалификационных работ требования к профессиональной компетентности её автора возрастают.

В. Профессионализм. Химическая технология как профессия предполагает, прежде всего, исследования, направленные на оптимизацию технологического процесса – как отдельных стадий, так и всей аппаратно-технологической схемы биотехнологического производства в целом [9, с. 88 – 91]. Практически это означает постанов-

ку экспериментов по исследованию влияния всех технологических факторов на оптимизируемый параметр процесса – выход какого-либо продукта или расход сырья или прирост биомассы. Наиболее рациональных на этой стадии разработки технологии является составление математических моделей детерминированного и недетерминированного характера, как однофакторных, так и многофакторных с применением метода математического планирования эксперимента [12]. Так, например, можно исследовать зависимость скорости брожения от температуры процесса, при поддержании постоянной концентрации активирующей добавки. А затем – зависимость от концентрации добавки при поддержании некой постоянной температуры. Сравнением двух серий экспериментов (в виде таблиц или графиков), выбирают «на глаз» наилучшее сочетание двух факторов. Но количество опытов сокращается, если применить математическое планирование и провести опыты при разных сочетаниях экстремально возможных концентраций добавки и температуры. Далее легко получить моделирующее уравнение, которое связывает скорость с двумя указанными факторами. Затем анализируют уравнение известными способами из условия максимально желаемой скорости брожения, то есть находят аналитически оптимальное сочетание температуры и концентрации добавки. Модели необходимы, так как непрерывно меняющиеся свойства производственного массового и энергетического потоков требуют создания автоматических датчиков и исполнительных механизмов контроля и регулирования производства [14].

В квалификационных научных работах различного уровня профессиональные требования условно делятся на три этапа. Методологически на первом этапе работы выделяют выпускную инженерную (магистерскую) работу. Затем, после дополнительной подготовки в аспирантуре выполняют кандидатскую диссертацию. И, наконец, наиболее опытные квалифицированные научные работники выполняют докторскую диссертацию, которая по объёму обычно включает не одну кандидатскую. В первом случае с использованием учебного лабораторного оборудования выполняют поисковую работу, позволяющую судить о возможности достижения положительного эффекта. Затем, путём исследования влияния различных факторов на протекание процесса получают материалы для заявки на изобретение технологического приёма, способа получения нового полезного продукта либо известного продукта, но со значительно улучшенными показателями – потребительскими, техноэкономическими, эколо-

гическими. Во втором случае обязательным требованием является – с использованием лабораторного оборудования создать лабораторную установку. Такая установка должна позволять осуществить новый технологический процесс или приём в природе, получить все необходимые данные для оценки техноэкономических показателей процесса, в том числе, лабораторные химические и физико-химические анализы всех основных и побочных продуктов. В третьем случае создают проект, разрабатывают технологический регламент и выполняют в природе укрупнённую лабораторную либо полупромышленную установку, позволяющую получить опытные партии продукта для испытаний его свойств. При защите диссертации предъявляют акты испытаний опытных образцов продукции и другие доказательства практической ценности выполненного исследо-

вания. Все три этапа предполагают соблюдение биотехнологических принципов масштабирования и моделирования.

Вывод. Таким образом, в условиях сложной экономической ситуации, возможно, необходимо постоянно пересматривать и переоценивать систему планирования, стимулирования, непосредственной постановки исполнения и внедрения результатов прикладных научных исследований. В настоящее время степень направленности выполненной экспериментальной научной работы в прикладном технологическом (техническом) направлении определяется только экспертным путём. Поэтому данная статья является первой попыткой обобщить и сформулировать соответствующие требования на основе многолетнего опыта научно-педагогической работы автора в области химических технологий.

1. Белякова А.А. Проблемы инженерного образования: методы обучения в глобальном мире // Молодежь и наука: сб. матер. X Юбилейной Всероссийской научно-технической конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского края. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2014: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2014/directions.html>
2. Альтшуллер Генрих. Найти идею: введение в ТРИЗ — теорию решения изобретательских задач. М., Альпина Паблишер, 2017. 408 с.: <http://www.iprbookshop.ru/68031.html>
3. ГОСТ Р 7.0.11-2011 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления: http://diss.rsl.ru/datadocs/doc_291ta.pdf
4. Румянцев Е.В., Мальми Н.П., Егорова Е.В., Данилова Е.А., Гришина Е.П., Зуева Г.А. Практическое руководство по подготовке и защите диссертации. Иваново, ФГБОУ ВО «ИГХТУ». 2017. 87 с.
5. Учебно-методический комплекс по дисциплине Промышленная биотехнология. Методические указания к самостоятельной работе студента СРС для студентов специальности 240901 Биотехнология / Чечина О.Н. Самара, Сам ГТУ, кафедра ТПП и ПКП. 2008. 14 с.
6. Чечина О.Н. Научно-методические основы проектирования биохимических предприятий: монография. Самара, Сам. гос. техн. ун-т, 2018. 94с.
7. Чечина О.Н. Проектирование как целенаправленное упорядочение информации (методологический аспект) // Известия Самарского научного центра РАН. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки, т. 20, №2, 2018. С. 104 – 108
8. 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.
9. Общая биотехнология: учеб. пособие для вузов / О.Н. Чечина. 2-е изд., перераб. и доп. М., Изд-во ЮРАЙТ, 2019. 231 с.
10. Чечина О.Н. Научно-методические основы применения математических методов в биотехнологии: монография. Самара, Сам. гос. техн. ун-т, 2018. 158 с.
11. ГОСТ 8.207-76 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения: <http://docs.cntd.ru/document/1200004520>
12. ГОСТ 24026-80 Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения: <http://docs.cntd.ru/document/1200009493>
13. ГОСТ 11.004-74. Прикладная статистика. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров нормального распределения: https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_11.009-79
14. Бирюков В.В. Основы промышленной биотехнологии: учеб. пособие для вузов. М., КОЛОСС, 2004. 296 с.

EDUCATION BASED ON SCIENCE. INDUSTRIAL BIOTECHNOLOGY

© 2019 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

Samara State Technical University. Samara, Russia

The work is devoted to the optimization of a new aspect of modern education. Designed for teachers and students of the new specialty Biotechnology. For the first time the General requirements to technological scientific researches of students which are aimed at continuation in works of higher level are generalized. Due to the diversity of the new specialty and the involvement of specialists in different fields in teaching, the aim is to specify the requirements for research in biotechnology at a technical University. Taken into account the requirements of the STATE, reflected in the textbook with the stamp of UMO, as well as requirements for qualification work at the levels of engineering training, PhD and PhD in the field of technology of chemical and biochemical industries. Features of experimental research of biotechnological productions which demand comprehensive study of all stages taking into account bases of preparation of biological objects, the fermentation and final operations are analyzed. Important for researchers who do not have technical training engineering fundamentals of experimental design of the technological scheme are identified. To substantiate the technical possibility and feasibility of implementing the results of any research, the requirements for the analysis of mass and energy flows are formulated. The principle of scientific literacy in the form of quantitative approach is singled out separately. The requirement of economic competence in the solution of problems of biotechnologies of the region is formulated. The levels of technological professionalism in qualification works are specified.

Keywords: optimization, modern education, biotechnology; scientific research, theoretical foundations, quantitative approach, economic competence, qualification work, laboratory installation, semi-industrial installation, optimization, scaling and modeling.

1. Belyakova A.A. Problemy` inzhenerenogo obrazovaniya: metody` obucheniya v global`nom mire (Problems of engineering education: teaching methods in the global world). *Molodezh` i nauka: sb. mater. X Yubilejnoj Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konf. studentov, aspirantov i molody`x ucheny`x s mezhdunarodny`m uchastiem, posvyashhennoj 80-letiyu obrazovaniya Krasnoyarskogo kraja. Krasnoyarsk, Sibirskij federal`ny`j un-t, 2014: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2014/directions.html>*
2. Al`tsuller Genrix. Najti ideyu: vvedenie v TRIZ — teoriyu resheniya izobretatel`skix zadach (Find an idea: an introduction to the TRIZ theory of inventive problem solving). M., Al`pina Publisher, 2017. 408 c.: <http://www.iprbookshop.ru/68031.html>
3. GOST R 7.0.11-2011 Sistema standartov po informacii, bibliotechnomu i izdatel`skomu delu. Dissertaciya i avtoreferat dissertacii. Struktura i pravila oformleniya (GOST R 7.0.11-2011 System of standards for information, library and publishing. Dissertation and thesis abstract. Structure and rules of registration): http://diss.rsl.ru/datadocs/doc_291ta.pdf
4. Rumyanec E.V. Mal`mi N.P., Egorova E.V., Danilova E.A., Grishina E.P., Zueva G.A. Prakticheskoe rukovodstvo po podgotovke i zashite dissertacii (Practical guide to the preparation and defense of the thesis). Ivanovo, FGBOU VO «IGXTU». 2017. 87 s.
5. Uchebno-metodicheskij kompleks po discipline Promy`shlennaya biotexnologiya. Metodicheskie ukazaniya k samo-stoyatel`noj rabote studenta SRS dlya studentov special`nosti 240901 Biotexnologiya (Educational-methodical complex on discipline Industrial biotechnology. Methodical instructions to independent work of the student of SRS for students of specialty 240901 Biotechnology) / Chechina O.N. Samara, Sam GTU, kafedra TPP i PKP. 2008. 14 s.
6. Chechina O.N. Nauchno-metodicheskie osnovy` proektirovaniya bioximicheskix predpriyatij (Scientific and methodical bases of design of biochemical enterprises): monografiya. Samara, Sam. gos. texn. un-t, 2018. 94s.
7. Chechina O.N. Proektirovanie kak celenapravlennoe uporyadochenie informacii (metodologicheskij aspekt) (Design as a purposeful ordering of information (methodological aspect)). *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. Social`ny`e, gumanitarny`e, mediko-biologicheskie nauki*, t. 20, №2, 2018. S. 104 – 108.
8. Chechina O.N. Biotexnologii v Samarskom regione: monografiya v 2-x ch. Ch.I Konceptiya biotexnologij. E`tapy` obucheniya. Ch.II Prakticheskie biotexnologii i metodiki (Biotechnologies in the Samara region: monograph in 2 h. I the Concept of biotechnologies. Stage of training. Part II Practical biotechnologies and techniques). Samara, Izd-vo Sam GTU, 2014. 90 s.
9. Obshhaya biotexnologiya: ucheb. posobie dlya vuzov (General biotechnology: studies. textbook for universities) / O.N. Chechina. 2-e izd., pererab. i dop. M., Izd-vo YuRAJT, 2019. 231 s.
10. Chechina O.N. Nauchno-metodicheskie osnovy` primeneniya matematicheskix metodov v biotexnologii (Scientific and methodical bases of application of mathematical methods in biotechnology): monografiya. Samara, Sam. gos. texn. un-t, 2018. 158 s.

11. GOST 8.207-76 Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmerenij (GSI). Pryamy`e izmereniya s mnogokratny`mi nablyudenyami. Metody` obrabotki rezul`tatov nablyudenij. Osnovny`e polozheniya (GOST 8.207-76 State system for ensuring the uniformity of measurements (GSI). Direct measurements with multiple observations. Methods of processing the results of observations. Fundamentals): <http://docs.cntd.ru/document/1200004520>
12. GOST 24026-80 Issledovatel`skie ispy`taniya. Planirovanie e`ksperimenta. Terminy` i opredeleniya (GOST 24026-80 Research tests. Design of experiment. Terms and definitions): <http://docs.cntd.ru/document/1200009493>
13. GOST 11.004-74. Prikladnaya statistika. Pravila opredeleniya ocenok i doveritel`ny`x granicz dlya parametrov normal`nogo raspredeleniya (GOST 11.004-74. Applied statistics. Rules for determining estimates and confidence limits for normal distribution parameters): https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_11.009-79
14. Biryukov V.V. Osnovy` promy`shlennoj biotexnologii (Basics of industrial biotechnology): ucheb. posobie dlya vuzov. M., KOLOSS, 2004. 296 s.