

УДК 378

БИОФИЗИКА В СИСТЕМЕ ДИСЦИПЛИН ПОДГОТОВКИ СОВРЕМЕННОГО БИОЛОГА

В. Г. Артюхов, О. В. Башарина

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 4 августа 2010 г.

Аннотация: дается определение биофизики как комплексной научной дисциплины; обоснован тезис о том, что она является теоретической основой ряда других общепрограммических дисциплин. На примере кафедры биофизики и биотехнологии Воронежского государственного университета показано место биофизики в системе дисциплин подготовки современного биолога.

Ключевые слова: биофизика, биофизические процессы и механизмы, компетенции, магистратура, методика преподавания, специальность, теоретическая основа.

Abstract: the article defines biophysics as a complex scientific discipline and argues the assumption that it is a theoretical basis of some other disciplines of general biology; looking at the example of the Department of Biophysics and Biotechnology of Voronezh State University the position of biophysics among other educational courses in training a biologist is discussed.

Key words: biophysics, biophysical processes and mechanisms, competence, graduate studies, teaching methodology, major field, theoretical basis.

Биофизика (биологическая физика) – наука, изучающая физические и физико-химические процессы, протекающие в живых организмах, а также ультраструктуру биологических систем на всех уровнях организации живой материи, начиная от молекул и клеток и заканчивая биосферой в целом. Она использует физические, химические и математические методы для изучения строения и функций живых систем. Развитие биофизики тесно связано с интенсивным взаимопроникновением идей, теоретических подходов и методов современной биологии, физики, химии, математики и компьютерных технологий.

Современная биофизика, согласно классификации, принятой Международным союзом теоретической и прикладной биофизики (1961) [1], включает следующие основные разделы:

молекулярная биофизика, в задачи которой входит исследование физических и физико-химических свойств макромолекул и надмолекулярных комплексов, составляющих живые организмы, а также механизмов их функционирования;

биофизика клетки, изучающая физико-химические основы функциональной активности клетки, связь молекулярной структуры мембран и клеточных органелл с их функцией, механизмы поддержания внутриклеточных процессов;

биофизика процессов управления и регуляции, которая занимается исследованием и моделированием внутренних связей системы управления в организмах, их физической природой, исследованием физических закономерностей живого на уровне целого организма.

В XX в. в работах, посвященных изучению и описанию биомолекул, клеток и внутриклеточных процессов, межклеточных взаимодействий, достаточно четко выделились два направления, одно из которых можно назвать структурно-функциональным, другое – феноменологическим. Первое связано с детальным исследованием физико-химических свойств информационных биомолекул (белков и нуклеиновых кислот), клеток и внутриклеточных образований, физико-химических механизмов взаимодействия различных элементов внутриклеточной организации, каналов внутри- и межклеточных способов передачи сигнала (информации). Например, для того чтобы проанализировать участие биокаталитической системы клетки в интеграции обмена веществ, недостаточно знания только структуры и функций индивидуальных белков-ферментов как таковых; необходимо установить также взаимосвязи между ферментами, механизмы регуляции активности ферментов, а также их синтеза и распада. Это направление дает богатый фактический материал о процессах, строении и функционировании клет-

ки и ее компартментов, тот материал, без которого невозможно выяснить специфику живой клетки как целостной системы и построить в конечном итоге ее математическую модель. В этом смысле биофизика является теоретической основой ряда общебиологических дисциплин, таких как биохимия, физиология, цитология, радиобиология и др.

Второе – феноменологическое – направление отвлекается от материальной структуры клетки и от конкретных физико-химических механизмов взаимодействия отдельных элементов внутриклеточной организации и рассматривает клетку как целостную систему взаимосвязанных процессов, описываемых через функциональные зависимости, существующие между различными параметрами клетки и внутриклеточной среды. При феноменологическом описании эти данные учитываются не непосредственно, а через математическую формулировку функциональных зависимостей между биохимическими, биофизическими и физиологическими параметрами клетки.

Господствующее положение в сознании большинства исследователей заняла концепция достаточности известных законов физики для описания биологических систем и процессов [2]. Развитие биологии показало, что для понимания и изучения элементарных биологических явлений необходимо применение понятий и методов точных наук. На сегодняшний день эта позиция получила развернутую реализацию в современной биофизике. Такой подход оправдан тем, что все биологические объекты представляют в конечном итоге совокупность атомов и молекул и подчиняются физическим и химическим закономерностям. Но так как биологические системы – это самоорганизующиеся системы, сложившиеся в процессе эволюции, им присущи многие свойства, не имеющие места в неживой природе. Таким образом, биофизика – наука об элементарных фундаментальных взаимодействиях и превращениях молекул и надмолекулярных комплексов, лежащих в основе физиологических процессов и биологических явлений [3; 4].

Однако исторически сложившийся круг проблем, которыми занимается биофизика, гораздо шире. К задачам биофизики относится также изучение закономерностей влияния физических факторов на организм. Например, исследование биологического действия ионизирующих излучений в связи с важностью и актуальностью этого вопроса стало предметом радиобиологии, механизмы фотобиологических процессов изучает такой раздел биофизики, как фотобиология. Анализ деятельности органов чувств с точки зрения физических процессов, протекающих в них, в первую очередь

оптики глаза, анализ работы органов движения, дыхания, кровообращения как физических систем, вопросы прочности и эластичности тканей – существенные, исторически сложившиеся разделы биофизики.

Знание, разделенное на отдельные предметы и дисциплины, приводит к искусственному разделению отдельных подходов к нему. Новые условия в сфере труда оказывают непосредственное воздействие на цели преподавания и качественной подготовки в области высшего образования. Расширение учебных программ и, соответственно, увеличение рабочей нагрузки на студентов не может быть корректным и реалистичным решением данной проблемы. Поэтому предпочтение следует отдавать предметам, развивающим интеллектуальные способности студентов, обобщающим и систематизирующим научные знания [5]. От современного специалиста-биолога требуется одновременное владение фундаментальными понятиями и логическими концептуальными схемами, характерными для биологии и физики. Пути решения этой задачи необходимо рассматривать в свете современного состояния проблемы фундаментальности высшего образования. Успешная работа выпускника после окончания вуза зависит от его способности не только транслировать полученные знания, но и постоянно обновлять запас первоначальных знаний и повышать тем самым свой профессиональный уровень.

Курс «Биофизика» входит в состав федерального компонента государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования, обеспечивающих универсальность, фундаментальность образования и его практическую направленность. Целью общего курса биофизики является последовательное изложение основ биофизики как самостоятельной науки, имеющей свой предмет и методы исследования, собственную теоретическую концептуальную базу и области приложения. Задача общего курса состоит также в выявлении единства в многообразии биологических явлений путем раскрытия общих молекулярных механизмов взаимодействий, лежащих в основе биологических процессов.

Основной целью высшего образования в настоящее время является развитие компетентностного подхода [6–8]. Термин «компетенция» служит для обозначения интегрированных характеристик качества подготовки выпускника, категории результата образования [9]. Профессиональные компетенции – это готовность и способность целесообразно действовать в соответствии с предъявляемыми требованиями, методически организовано и самостоятельно решать задачи и профес-

сионально трактовать проблемы, уметь оценивать результаты своей деятельности [9]. Иными словами, это связанные с предметом навыки, соответствующие методы и технические приемы, присутствующие различным предметным областям.

К профессионально-профилированным компетенциям специалиста и магистра по специальности «Биология» относятся умение выявлять фундаментальные проблемы, формулировать задачи и намечать пути исследования; способность понимать современные проблемы биологии и использовать фундаментальные биологические представления. Хорошо подготовленный биолог должен демонстрировать способность самостоятельно применять и целенаправленно пополнять свои знания, быстро ориентироваться в решении новых проблем. В свою очередь, это зависит от степени усвоения основ науки и принципов их применения в научных исследованиях и производстве.

В каждой группе компетенций можно различать когнитивно ориентированные, деятельностно ориентированные и ценностно ориентированные компетенции [5]. Это имеет принципиальное значение в образовательном процессе, его содержательных, организационных, средовых и технологических составляющих. Например, проявлениями когнитивной компетенции являются аналитическое мышление (анализ проблем, опыт планирования), концептуальное мышление (применение концепций, распознавание моделей, интуиция, критическое мышление, идентификация проблемы) и менеджерская экспертиза (знание законов управления системами, навыки диагностики, приверженность обучению и т.п.). Освоение биофизических дисциплин направлено именно на развитие аналитического и концептуального мышления, на более глубокое освоение знаний, умений и навыков, устойчивых результатов в формировании общих и специальных компетенций будущего биолога. В частности, к общепрофессиональным компетенциям бакалавра относятся современные представления о принципах клеточной организации биологических объектов, биофизических и биохимических основах мембранных процессов и молекулярных механизмах жизнедеятельности, о механизмах поддержания гомеостаза. Компетенции бакалавра полностью входят в набор компетенций магистра [10].

Биофизика – общетеоретическая, общепрофессиональная дисциплина в рамках образовательного процесса на биолого-почвенном факультете Воронежского государственного университета. На кафедре биофизики и биотехнологии осуществляется преподавание общего курса био-

физики в объеме 72 часа (36 часов лекционных и 36 – лабораторных занятий) для студентов 4 курса дневной формы обучения, и 36 часов – для студентов очно-заочной формы. В основу программы изучения биофизики положены следующие разделы: термодинамика и кинетика биологических процессов; молекулярная биофизика; биофизика мембранных процессов; биофизика фотобиологических процессов; радиационная биофизика; синергетика биосистем (междисциплинарное направление научных исследований, задачей которого является изучение природных явлений и процессов на основе принципов самоорганизации систем).

Биофизика включает теоретические построения и модели, основанные на современных физико-химических представлениях. Они отражают физические особенности молекулярной организации и элементарных процессов живого. Изложение полного курса биофизики требует обширного биологического материала, а также дополнительного привлечения современных представлений физики, химии, математики и их прикладных аспектов. Это необходимо для того, чтобы учащиеся наиболее полно ощутили специфическую природу и своеобразие молекулярных биологических процессов, уяснили, как эти особенности проявляются в биологических системах. Именно в этом состоит суть современного биофизического подхода к анализу биологических процессов. Однако выполнение этой задачи сопряжено с большим объемом многовекторного учебного материала, освоение которого требует много времени и возможно, в основном, студентами близкого к биофизике профиля.

В свете современных достижений биофизической науки изложение логически обоснованного курса биофизики следует начинать с рассмотрения теоретических основ биофизики – методологии биофизики, кинетики и термодинамики биологических процессов. Только после этого можно с достаточным основанием переходить к вопросам, посвященным молекулярным механизмам биологических явлений. Конечная цель изучения биологической системы – расшифровка механизмов функционирования организма, выявление взаимосвязи изменений структуры и функции на всех уровнях организации жизни. Данная последовательность изложения биофизики наиболее рациональна и логически обоснована для учебного курса. Перечень читаемых спецкурсов для студентов дневной формы обучения изложен в табл. 1. Указанные в ней спецкурсы являются составными частями биофизики как комплексной научной дисциплины.

Т а б л и ц а 1

Спецкурсы для студентов, проходящих специализацию на кафедре биофизики и биотехнологии ВГУ

№ п/п	Наименование дисциплины	Курс	Количество часов		
			лекции	лабораторные работы	трудоемкость
1	Биофизические методы исследований	3	36	–	72
2	Биоэлектроника и электрические методы измерений	3	32	–	64
3	Большой практикум по физико-химическим методам исследования	3	–	118	118
4	Практикум по фотобиологии	3	–	32	64
5	Биофизика ионных процессов	4	36	–	72
6	Биофизика мембран	4	36	–	72
7	Физико-химическая биология	4	26	–	52
8	Фотобиология	4	26	–	52
9	Большой практикум по физико-химическим методам исследования	4	–	225	232
10	Радиобиология	5	36	–	72
11	Химическая энзимология	5	36	–	72

В перечне спецкурсов обращает на себя внимание ряд дисциплин, тесно связанных с биохимией. Академик Г. М. Франк, с именем которого связано развитие биофизики в 60–70-х гг. прошлого столетия, давая определение биофизики накануне IV Международного биофизического съезда в Москве в 1972 г., писал: «Биофизика не имеет присущего только ей объекта или предмета исследования, как, например, микробиология (наука, изучающая микроорганизмы) или энтомология (раздел зоологии, изучающий насекомых). Эта наука, скорее, характерна только ей присущим физическим подходом к изучению широкого круга жизненных явлений... особенно тесна связь, скорее даже «взаимопроращивание», биофизики и биохимии. И если изображать графически взаимоотношения биохимии и биофизики, нельзя ни в коем случае рисовать черту раздела между ними. Это будут, скорее, широкие кривые «распределения компетентности» с максимумами, сдвинутыми по отношению друг к другу» [11].

Конкретные задачи биофизики – понимание механизма биологических явлений, расшифровка первичных молекулярных процессов – требуют использования новейших физических, химических и физико-химических методов, адаптированных к работе с биологическими объектами. Сложность биологических систем обеспечивает протекание процессов, маловероятных для условий, обычно

рассматриваемых в физике. В связи с этим возникает необходимость перерабатывать, совершенствовать, модернизировать известные физико-химические методы, создавая высокоспециализированные биофизические методы и приемы. Поэтому при подготовке современного высококвалифицированного биофизика важную роль играет практическая работа. Большое внимание отводится проведению спецпрактикумов; студенты самостоятельно проводят эксперименты, включающие ряд биофизических и биохимических методов исследования при выполнении курсовых и дипломных работ, выпускных квалификационных работ бакалавра и магистерских диссертаций.

Преподавание биофизики является неотъемлемой частью подготовки как бакалавров и специалистов, так и магистров. Выпускник-магистр должен демонстрировать способность понимать современные проблемы биологии и использовать фундаментальные биологические представления в сфере профессиональной деятельности для постановки и решения новых задач. Для магистров первого года обучения читается общий курс «Компьютерные технологии в науке и образовании» (по 17 часов лекций и практических занятий) и элективный курс «Физико-химические механизмы внутриклеточного гомеостаза» (18 лекционных часов). Перечень читаемых спецкурсов приведен в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Спецкурсы для магистров, проходящих обучение на кафедре биофизики и биотехнологии ВГУ

№ п/п	Наименование дисциплины	Курс	Количество часов		
			лекции	лабораторные работы	трудоемкость
1	Молекулярная биология и биофизика	Магистры 1 года обучения	72	–	150
2	Биофизика донорно-акцепторных взаимодействий	– // –	54	–	108
3	Физико-химические основы межклеточных взаимодействий	– // –	54	–	110
4	Фолдинг белков	– // –	36	–	88
5	Фотофизика, фотохимия и фото-иммунология компонентов крови	– // –	51	34	170
6	Математическое моделирование биофизических процессов	– // –	51	17	200
7	Физико-химические взаимодействия при образовании надмолекулярных комплексов в биосистемах	Магистры 2 года обучения	33	11	90
8	Физико-химические основы регуляторных процессов в биосистемах	– // –	33	11	100

В настоящее время в системе высшего образования накопились противоречия между узкой специализацией знания и широким профилем необходимой общеметодологической подготовки специалистов и магистров [12]. На преодоление этого противоречия и направлено чтение курсов, обобщающих знания, полученные магистрами при изучении таких биологических дисциплин, как биофизика, биохимия, цитология, генетика и др.

Успешность подготовки магистров на кафедре биофизики и биотехнологии обусловлена, наряду с другими факторами, наличием высококвалифицированных кадров: в учебном процессе задействовано 5 докторов наук и несколько доцентов.

Как уже говорилось выше, современный биолог должен знать и понимать механизмы биофизических процессов, лежащих в основе биологических явлений. Преподаватели нашей кафедры проводят занятия на курсах повышения квалификации по направлению «Современная биология» на базе Воронежского государственного университета. В частности, осуществляется чтение лекций на темы, посвященные механизмам апоптоза (запрограммированной клеточной гибели) и роли NO-синтаз в регуляции уровня активных форм кислорода и поддержании окислительно-восста-

новительного гомеостаза в норме и при развитии патологии; рассматриваются кинетико-термодинамические аспекты катализа иммобилизованными ферментами и создание наукоемких промышленных технологий [13].

Таким образом, мы можем обоснованно утверждать правомерность представлений последних десятилетий об усилении роли биофизики как общетеоретической дисциплины при подготовке современных биологов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вопросы биофизики : материалы I Международного биофизического конгресса. Стокгольм, июль–август 1961 г. / под ред. Г. М. Франка. – М. : Наука, 1964.
2. Волькенштейн М. В. Молекулярная биофизика / М. В. Волькенштейн. – М. : Наука, 1975.
3. Биофизика : учебник для вузов / под ред. В. Г. Артюхова. – М. : Академический проект ; Екатеринбург : Деловая книга, 2009.
4. Рубин А. Б. Лекции по биофизике / А. Б. Рубин. – М. : ПРОГРЕСС-Традиция : Изд-во МГУ, 1998.
5. Болонский процесс : середина пути / под ред. В. И. Байденко. – М. : Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, Российский Новый Университет, 2005.

6. Фролов Ю. В. Компетентностная модель как основа оценки качества подготовки специалистов / Ю. В. Фролов, Д. А. Махотин // Высшее образование сегодня. – 2004. – № 8. – С. 34–41.

7. Галямина И. Г. Проектирование государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования нового поколения с использованием компетентностного подхода : материалы к 6 заседанию Методологического семинара 29 марта 2005 г. / И. Г. Галямина. – М. : Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005.

8. Татур Ю. Г. Компетентность в структуре модели качества подготовки специалиста / Ю. Г. Татур // Высшее образование сегодня. – 2004. – № 3. – С. 20–26.

9. Байденко В. И. Компетентностный подход к проектированию государственных образователь-

ных стандартов высшего профессионального образования (методологические и методические вопросы) / В. И. Байденко. – М. : Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005.

10. URL: www.umo.msu.ru/docs/projects/biology.pdf

11. Франк Г. М. Избранные труды. Биофизика живой клетки / Г. М. Франк. – М. : Наука, 1982.

12. Управление в высшей школе : опыт, тенденции, перспективы : аналитический доклад / руководитель авторского коллектива В. М. Филиппов. – М. : Логос, 2005.

13. Хицова Л. Н. Принципы совершенствования и реализации педагогического мастерства в условиях современного образовательного процесса / Л. Н. Хицова, В. Г. Артюхов // Вестник ВГУ. Серия : Проблемы высшего образования. – 2010. – № 1. – С. 94–104.

Воронежский государственный университет

Артюхов В. Г., доктор биолого-почвенных наук, профессор, заведующий кафедрой биофизики и биотехнологии

E-mail: bf188@bio.vsu.ru

Тел.: 208-981

Башарина О. В., кандидат биологических наук, доцент кафедры биофизики и биотехнологии

Тел.: 208-981

Voronezh State University

Artyukhov V. G., Doktor of Biological and Soil Sciences, Professor, Head of the Department of Biophysics and Biotechnology

E-mail: bf188@bio.vsu.ru

Tel.: 208-981

Basharina O. V., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biophysics and Biotechnology

Tel.: 208-981