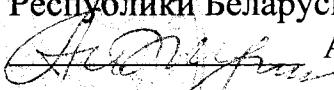


Министерство образования Республики Беларусь
Учебно-методическое объединение по естественнонаучному образованию

УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь
 А.И. Жук
07 10 2011 г.
Регистрационный № ТД-Г. 379/тип.

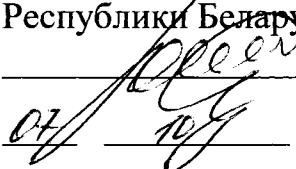
Инженерная энзимология

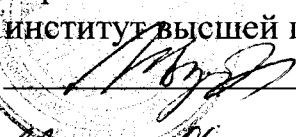
Типовая учебная программа
для высших учебных заведений по специальности
1-31 01 01 Биология (по направлениям) направлениям
специальности 1-31 01 01-01 Биология (научно-производственная деятельность),
1-31 01 01-02 Биология (биотехнология),
1-31 01 01-03 Биология (биотехнология)

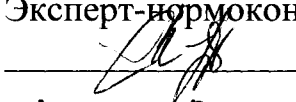
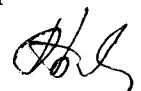
СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по естественно-
научному образованию
  А.И. Жук

СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления высшего и
среднего специального образования
Министерства образования
Республики Беларусь
 Ю.И. Миксюк
07 10 2011 г.

Проректор по учебной и воспитательной
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»
 В. И. Шупляк
07 10 2011 г.

Эксперт-нормоконтролер
 С.М. Артемьева
07 10 2011 г. 

Минск 2011

СОСТАВИТЕЛЬ:

Игорь Викторович Семак, заведующий кафедрой биохимии Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра биотехнологии и биоэкологии Учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»;

Владимир Адамович Кульчицкий, заместитель директора Государственного научного учреждения «Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси», доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой биохимии Белорусского государственного университета
(протокол № 16 от 21 октября 2010 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета
(протокол № 1 от 03 ноября 2010 г.);

Научно-методическим советом по специальности 1-31 01 01 «Биология (по направлениям)»
Учебно-методического объединения по естественнонаучному образованию
(протокол № 8 от 16 ноября 2010 г.)

Ответственный за редакцию: Игорь Викторович Семак

Ответственный за выпуск: Игорь Викторович Семак

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Инженерная энзимология – это новое перспективное научно-техническое направление биотехнологии, в котором удачно сочетаются самые современные достижения биохимии, молекулярной биологии, энзимологии и химической технологии. В настоящее время сложно назвать сферу деятельности человека, в которой бы прямо или косвенно не использовались бы ферменты. Ферменты нашли широкое применение в промышленности, например в кожевенном и меховом производстве, в хлебопечении, пивоварении, виноделии, сыроварении и т. д. В последние годы ферменты начали вытеснять традиционные химические катализаторы из тонкой химической индустрии, где они успешно используются в реакциях окисления, восстановления, дезаминирования, декарбоксилирования, дегидратации, конденсации и т. д. Ферменты находят все более широкое применение в медицине и микроанализе. Перспективным является использование ферментов для переработки промышленных отходов, а также для создания биоэлектрохимических преобразователей энергии.

Курс «Инженерная энзимология» связан с такими биологическими дисциплинами, как «Биохимия», «Биофизика», «Микробиология».

Цель курса – освоение студентами основных принципов и теоретических положений инженерной энзимологии; формирование у студентов понимания особенностей биотехнологических процессов с участием ферментов; усвоение основ конструирования и последующего использования в биотехнологии биокатализаторов с заданными свойствами.

Задачи курса:

- познакомить студентов с предметом инженерной энзимологии, определить ее место в ряду приоритетных направлений биотехнологии;
- углубить понимание студентами физико-химических и биохимических закономерностей биокатализа, особенностей его использования в биотехнологии;
- развить видение перспектив практического использования достижений инженерной энзимологии.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- физико-химические и биохимические закономерности биокатализа;
- способы стабилизации и регенерации ферментативных систем, применяемых в биотехнологии;
- структурные и термодинамические основы функционирования ферментов в экстремальных условиях;
- примеры использования биокатализа в науке, медицине, технике и промышленности;
- современные технологические схемы промышленного биокатализа;
- принципы создания биокатализаторов с заданными свойствами;
- современные информационные технологии, используемые в инженерной энзимологии;

- новейшие достижения и перспективы развития инженерной энзимологии;

уметь:

- разрабатывать биотехнологические процессы с участием очищенных ферментов или ферментов, находящихся внутри клеток, которые искусственно лишены способности расти;
- конструировать биокатализаторы с заданными свойствами;
- оценивать эффективность биокатализа;
- пользоваться специализированными компьютерными базами данных и ресурсами Интернета.

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения, реализуемые на лекционных и лабораторных занятиях;
- компетентностный подход, реализуемый на лекциях, лабораторных занятиях и при самостоятельной работе;
- учебно-исследовательская деятельность, реализуемая на лабораторных занятиях;
- коммуникативные технологии (дискуссия, круглый стол и т. д.);
- блочно-модульная система оценки знаний.

При чтении лекционного курса рекомендуется применять технические средства обучения для демонстрации слайдов и презентаций, наглядные материалы в виде таблиц и схем.

Для изучения дисциплины, подготовки к лабораторным занятиям и КСР студентам можно использовать один из учебников, перечисленных в разделе «Литература: основная». Для более углубленной подготовки предлагается список дополнительной литературы.

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу рекомендуется использовать современные информационные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к лабораторным занятиям, список литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

Теоретические положения лекционного курса развиваются и закрепляются на лабораторных занятиях, при выполнении которых студенты приобретают навыки анализа закономерностей биокатализа.

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего и итогового контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, тестового компьютерного контроля по темам и разделам курса. Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование окончательной рейтинговой системы.

Программа рассчитана на 50 часов, в том числе 38 часов аудиторных: 26 – лекционных и 12 – лабораторных занятий.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ тем	Наименование тем	Аудиторные часы		
		Всего	Лекции	Лабораторные занятия
I	Введение	2	2	-
II	Структурно-функциональные особенности биокатализа	8	4	4
III	Ферменты в экстремальных условиях	6	2	4
IV	Ферментативный микроанализ	6	2	4
V	Медицинская энзимология	2	2	-
VI	Индустриальный биокатализ	4	4	-
VII	Использование ферментов в тонком химическом синтезе	2	2	-
VIII	Утилизация промышленных отходов с помощью ферментов	2	2	-
IX	Перспективы практического использования биоэлектрокатализа	2	2	-
X	Конструирование биокатализаторов и их использование в биотехнологии	4	4	-
ИТОГО:		38	26	12

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

I. ВВЕДЕНИЕ

Фундаментальные и прикладные аспекты инженерной энзимологии. Связь с другими дисциплинами. Основные направления развития.

II. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОКАТАЛИЗА

Структура, свойства и механизм действия биокатализаторов. Сходство и отличие биологических катализаторов от синтетических. Преимущества и недостатки биокатализа при его использовании в технологических процессах.

III. ФЕРМЕНТЫ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Инактивация ферментов. Факторы, инициирующие денатурацию ферментов. Физические. Механические. Химические. Биологические. Механизмы инактивации ферментов. Моделирование и кинетика процессов инактивации ферментов. Регенерация ферментативных систем, применяемых в биотехноло-

гии. Реактивация инактивированных ферментов. Утилизация и регенерация кофакторов (коферментов). Ферментативные, химические и электрохимические методы регенерации. Стабилизация ферментов в биотехнологических системах. Традиционные методы стабилизации. Стабилизирующие добавки. Химическая модификация ферментов. Иммунизация ферментов. Экстремозимы и источники их получения. Термозимы. Структурные и термодинамические основы функционирования термозимов при высоких температурах. Использование экстремозимов в биотехнологии. Амилазы и пуллулаказы. Протеиназы. ДНК-полимеразы. Ферментативные реакции в системах с органическими растворителями. Их прикладное значение.

IV. ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ МИКРОАНАЛИЗ

Кинетическая основа ферментативного микроанализа. Методы детекции в ферментативном микроанализе. Использование в микроанализе сопряженных ферментативных систем. Иммунизированные ферменты в микроанализе. Аналитические проточные реакторы. Ферментные микрокалориметрические датчики. Ферментные электроды. Иммуноферментные датчики. Биоломинесцентный микроанализ. Соиммунизированные полиферментные системы в биоломинесцентном анализе.

V. МЕДИЦИНСКАЯ ЭНЗИМОЛОГИЯ

Энзимонатология. Энзимодиагностика. Энзимотерапия. Терапия воспалительных процессов трипсином и химотрипсином. Тромболитическая терапия фибринолизинем и стрептокиназой. Ферментная терапия вирусных заболеваний РНКазой, ДНКазой. Заместительная терапия пищеварительными ферментами. Терапия гиалуронидазой и коллагеназой. Лечение онкологических заболеваний аспарагиназой. Иммунизированные ферменты как лекарственные препараты. Антигенные и иммуногенные свойства иммунизированных ферментов. Ферментные препараты типа «контейнер». Использование липосом в качестве «контейнера». Применение иммунизированных ферментов в стоматологии, офтальмологии, хирургии. Перспективные направления развития ферментной терапии.

VI. ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ БИОКАТАЛИЗ

Ферменты в химической промышленности. Получение L-аминокислот с помощью аминоксилазы. Биохимическая основа процесса. Коммерческие препараты иммунизированной аминоксилазы. Технологическая схема производства.

Ферменты в фармацевтической промышленности. Получение 6-аминопенициллановой кислоты с помощью пенициллинамидазы. Биохимическая основа процесса. Коммерческие препараты иммунизированной аминоксилазы. Технологическая схема производства.

Ферменты в пищевой промышленности. Получение глюкозо-фруктозных сиропов с помощью глюкозоизомеразы. Биохимическая основа процесса. Коммерческие препараты иммобилизованной глюкозоизомеразы. Технологическая схема производства. Использование в пищевой промышленности протеиназ, амилаз, липаз, пектиназ, β -галактозидаз.

Ферменты как компоненты моющих средств. Амилазы. Липазы. Целлюлазы. Оксидазы. Протеазы.

Перспективы развития индустриального биокатализа.

VII. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТОВ В ТОНКОМ ХИМИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ

Ферментативное превращение рацематов в энантиомеры. Биокаталитическое получение пропанондов. Ферментативная модификация нуклеиновых кислот, синтез олиго- и полинуклеотидов. Ферментативный синтез сахаров.

VIII. УТИЛИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ С ПОМОЩЬЮ ФЕРМЕНТОВ

Биоконверсия растительного сырья. Ферментативное получение глюкозы из целлюлозосодержащего сырья.

IX. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЭЛЕКТРОКАТАЛИЗА

Использование ферментов для создания биоэлектрохимических преобразователей энергии. Практическое использование биоэлектрокатализа, перспективы его развития.

X. КОНСТРУИРОВАНИЕ БИОКАТАЛИЗАТОРОВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В БИОТЕХНОЛОГИИ

Экспериментальный анализ пространственной структуры ферментов. Кристаллография. Двумерная ЯМР-спектроскопия. Предсказание структуры ферментов с помощью компьютерных методов молекулярного моделирования. Квантовомеханические методы. Метод молекулярной динамики.

Компьютерная визуализация пространственной структуры ферментов. Компьютерный дизайн ферментов.

Использование ресурсов *Internet* в инженерной энзимологии. Компьютерные базы данных. Базы данных аминокислотной последовательности белков. Базы данных трехмерной структуры белков. Интегральные базы данных. Метаболические базы данных.

Белковая инженерия ферментов. Рациональный дизайн индустриальных ферментов. Сайт-специфический мутагенез субтилизина.

Направленная эволюция промышленных ферментов (эволюция *in vitro*). Создание библиотеки ферментов. Случайный мутагенез. Случайная рекомбинация фрагментов гена *in vitro*. Отбор ферментов с улучшенными свойствами. Критерии отбора промышленных ферментов. Изменение с помощью направленной эволюции стабильности (термостабильности и устойчивости к органическим растворителям), активности, субстратной специфичности, энантиоселективности и связывающих свойств ферментов.

Получение химерных и бифункциональных ферментов. Получение полусинтетических ферментов и их использование в качестве промышленных биокатализаторов.

Каталитические антитела (абзимы). Черты сходства и отличия абзимов и ферментов. Способы получения абзимов. Абзимы, каталитическая активность которых основана на стабилизации переходного состояния реакции. Абзимы, каталитическая активность которых связана с использованием нуклеофильного катализа. Практическое значение абзимов. Рибозимы.

Направления и перспективы развития молекулярного дизайна биокатализаторов.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. *Березин И.В.* Инженерная энзимология / И.В. Березин, А.А. Клесов, В.К. Швядас и др. – М.: Высш. шк., 1987.
2. Введение в прикладную энзимологию / Под ред. И.В. Березина, К. Мартиненка. – М.: МГУ, 1982.
3. *Бейли Дж.* Основы биохимической инженерии. В 2-х кн. / Дж. Бейли, Д. Оллис. М.: Мир, 1989.
4. *Кулис Ю.Ю.* Аналитические системы на основе иммобилизованных ферментов / Ю.Ю. Кулис. Вильнюс: Моксдал, 1981.
5. *Клесов А.А.* Инженерная энзимология на промышленном уровне. Биотехнология. Итоги науки и техники / А.А. Клесов. М.: ВИНТИ, 1989.
6. *Сорочинский В.В.* Ферментные электроды // Итоги науки и техники. Биотехнология / В.В. Сорочинский, Б.И. Курганов. М.: Изд-во ВИНТИ.- 1984.- Т.13.- 207 с.
7. *Загребельный С.Н.* Биотехнология. Ч.2. Инженерная энзимология. // С.Н. Загребельный Новосибирск, 2001. – 138 с.
8. *Глик Б.* Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. / Б. Глик, Дж. Пастернак. 2002. 592 с.

Дополнительная:

1. *Вольф М.* Лечение ферментами / Вольф М., Рансбергер К. - М.: Мир, 1976.
2. *Arnold F.H.* Optimizing industrial enzymes by directed evolution / Advances in biochemical engineering / biotechnology. New enzymes for organic synthesis.

- (Scheper Th., Ed.). Verlag; Berlin, Heidelberg; New York: Springer, V.58, 1997, 1-14.
3. *Ladenstein R., Antranikian G.* Proteins from hypertermophiles: stability and enzymatic catalysis close to the boiling point of water / *Advances in biochemical engineering/biotechnology.* (Scheper Th., Ed.). Verlag; Berlin, Heidelberg; New York: Springer, V.61, 1998.
 4. *Rubingh D.N.* Protein engineering from a bioindustrial point of view / *Current Opinion in biotechnology,* 1997, 8, 417-422.
 5. *Wodak S.J.* Computer-aided design in protein engineering. *Ann N Y Acad Sci* 1987; 501: 1-13.
 6. *Taylor N.R.* The World Wide Web as a graphical user interface to program macros for molecular graphics, molecular modeling, and structure-based drug design / *Taylor N.R., Smith R. J. Mol. Graph.* 1996 Oct; 14(5): 291-296, 280-282.
 7. *Lesyng B.* Molecular modeling methods. Basic techniques and challenging problems / *B. Lesyng, J.A. McCammon Pharmacol Ther* 1993 Nov; 60(2): 149-167.
 8. *Nixon A.E.* Hybrid enzymes: manipulating enzyme design / *Nixon A.E., Ostermeier M., Benkovic S.J. Trends Biotechnol.* 1998 Jun; 16(6): 258-264.
 9. *Proteome Research: New frontiers in functional genomics.* (Wilkins M.R., Williams K.L., Appel R.D., Hochstrasser D.F., Eds.). Verlag; Berlin, Heidelberg; New York: Springer, 1997.
 10. *Sasaki S.* The development of microfabricated biocatalytic fuel cells / *Sasaki S., Karube I. Trends Biotechnol.* 1999 February; 17(2): 50-52.
 11. *Сорочинский В.В.* Теоретические основы применения потенциометрических ферментных электродов / *В.В. Сорочинский, Б.И. Курганов. Прикл. биохим. микробиол.*-1997.- Т.33.- №2.- С.138-146.
 12. <http://isir.ras.ru/> - Интегрированная Система Информационных Ресурсов Российской Академии Наук.
 13. <http://www.viniti.msk.su/> - Всероссийский Институт Научной и Технической Информации (ВИИТИ РАН).
 14. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Pubmed> - База научных данных в области биомедицинских наук.
 15. www.chem.qmul.ac.uk/iubmb - Биохимическая классификация и номенклатура ферментов. Свободный доступ на сайте Международного союза биохимии и молекулярной биологии.
 16. www.molbiol.ru, www.nature.ru - Учебники, научные монографии, обзоры, лабораторные практикумы в свободном доступе на сайтах практической молекулярной биологии.
 17. www.swissprot.com – свободный доступ к международной базе данных по первичным и 3D структурам ферментов.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Баллы	Показатели оценки
1 1 (один) НЕЗАЧТЕНО	2 Отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа
2 (два) НЕЗАЧТЕНО	Фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта; знание отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины; неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых ошибок; пассивность на лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий
3 (три) НЕЗАЧТЕНО	Недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта; знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными ошибками; слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач; неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины; пассивность на лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий
4 (четыре) ЗАЧТЕНО	Достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач; умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи; умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку; работа под руководством преподавателя на лабораторных занятиях, допустимый уровень исполнения заданий
5 (пять) ЗАЧТЕНО	Достаточные знания в объеме учебной программы; использование научной терминологии, грамотное логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно принимать типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; самостоятельная работа на лабораторных занятиях, фрагментарное участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий

1	2
<p>6 (шесть) ЗАЧТЕНО</p>	<p>Достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы; использование необходимой научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; активная самостоятельная работа на лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий</p>
<p>7 (семь) ЗАЧТЕНО</p>	<p>Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы и обобщения; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; свободное владение типовыми решениями в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им аналитическую оценку; самостоятельная работа на лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</p>
<p>8 (восемь) ЗАЧТЕНО</p>	<p>Систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы; использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы и обобщения; владение инструментарием учебной дисциплины (в том числе техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им аналитическую оценку; активная самостоятельная работа на лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</p>

1	2
9 (девять) ЗАЧТЕНО	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы; полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им аналитическую оценку; систематическая, активная самостоятельная работа на лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
10 (десять) ЗАЧТЕНО	Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы; точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы; безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации; полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы по изучаемой учебной дисциплине; умение свободно ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им аналитическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин; творческая самостоятельная работа на лабораторных занятиях, активное творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

Типовыми учебными планами направлений специальности 1-31 01 01-01 «Биология (научно-производственная деятельность)» и 1-31 01 01-03 «Биология (биотехнология)» в качестве формы итогового контроля по дисциплине рекомендован зачет.

Для текущего контроля и самоконтроля знаний и умений студентов по данной дисциплине можно использовать следующий диагностический инструментарий:

- защита индивидуальных заданий при выполнении лабораторных работ;
- защита подготовленного студентом реферата;