

**Оценочные средства для проведения аттестации
по дисциплине «Математическое моделирование в биологии и медицине»
для обучающихся 2023 года поступления
по образовательной программе
30.05.01 Медицинская биохимия,
направленность (профиль)
Медицинская биохимия (специалитет),
форма обучения очная
на 2026-2027 учебный год**

1. Оценочные средства для проведения текущего контроля на занятиях (ТК), оценки самостоятельной работы обучающихся (СР), проведения промежуточной аттестации (ПА), позволяющие проверить сформированность у обучающихся предусмотренных программой дисциплины знаний (з) / умений (у) / навыков (н) (ЗУН):

ПК-8.1.1. Знает теоретические и практические основы фундаментальных наук; методологические принципы изучения живых систем; принципы теории и практики планирования медико-биологического эксперимента, его технического и математического обеспечения.

Результаты освоения ОП (компетенции)	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК-8. Способен к выполнению фундаментальных научных биомедицинских исследований.	ПК-8.1. Знает ПК-8.1.1. Знает теоретические и практические основы фундаментальных наук; методологические принципы изучения живых систем; принципы теории и практики планирования медико-биологического эксперимента, его технического и математического обеспечения.	з-1. Знает основные законы фундаментальных наук, которые лежат в основе моделирования живых систем.

№	Раздел(ы), подразделы(ы) дисциплины (модули, модульные единицы), формирующий(е) данный ЗУН	Тип задания	Содержание задания	Правильный ответ	Для какого вида контроля предназначен		
					ТК	СР	ПА

1.	Модуль 1. Математические модели в биологии. Модуль 2. Математические модели в медицине.	1. Выбор нескольких правильных ответов	Выберите три верных ответа из шести. Какие фундаментальные допущения используются в модели идеальной жидкости для описания движения воздуха в дыхательных путях: 1) отсутствие вязкости 2) наличие трения между слоями 3) несжимаемость потока (при малых скоростях) 4) адиабатичность процесса 5) наличие завихрений 6) сжимаемость газа при сверхзвуковых скоростях	1) отсутствие вязкости 3) несжимаемость потока (при малых скоростях) 4) адиабатичность процесса	да	нет	да
		2. Вопросы с развёрнутым ответом	При моделировании метаболических путей ключевой величиной является термодинамический потенциал, изменение которого позволяет предсказать возможность сопряжения экзергонических и эндергонических реакций в клетке при постоянной температуре и давлении. О какой величине идет речь?	свободная энергия	да	нет	да

ПК-8.1.1. Знает теоретические и практические основы фундаментальных наук; методологические принципы изучения живых систем; принципы теории и практики планирования медико-биологического эксперимента, его технического и математического обеспечения.

Результаты освоения ОП (компетенции)	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
--------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------

ПК-8. Способен к выполнению фундаментальных научных биомедицинских исследований.	ПК-8.1. Знает ПК-8.1.1. Знает теоретические и практические основы фундаментальных наук; методологические принципы изучения живых систем; принципы теории и практики планирования медико-биологического эксперимента, его технического и математического обеспечения.	з-2. Знает этапы планирования медико-биологического эксперимента.
--	---	---

№	Раздел(ы), подразделы(ы) дисциплины (модули, модульные единицы), формирующий(е) данный ЗУН	Тип задания	Содержание задания	Правильный ответ	Для какого вида контроля предназначен		
					ТК	СР	ПА
2.	Модуль 1. Математические модели в биологии. Модуль 2. Математические модели в медицине.	1. Выбор нескольких правильных ответов	Выберите три верных ответа из шести. Какие этапы предшествуют построению математической модели живой системы: 1) сбор и анализ данных о системе 2) регистрация базы данных для хранения результатов 3) выдвижение гипотез о механизмах функционирования 4) выбор математического аппарата 5) написание кода программы 6) проведение вычислительных экспериментов	1) сбор и анализ данных о системе 3) выдвижение гипотез о механизмах функционирования 4) выбор математического аппарата	да	нет	да

		2. Ситуационные задачи/кейсы	Исследователь разрабатывает дизайн эксперимента для моделирования влияния нового соединения на артериальное давление у крыс. В рамках подготовки он планирует использовать 20 животных, которым планируется измерять давление до эксперимента, затем введение препарата и повторное измерение давления. При построении модели исследователь не предусматривает группу животных, которые не получают препарат, что не позволяет учесть возможные изменения давления, не связанные с действием соединения. Какой обязательный компонент дизайна эксперимента отсутствует в данной модели, без которого невозможно корректно оценить эффект исследуемого соединения?	контрольная группа	да	нет	да
--	--	---	--	---------------------------	-----------	------------	-----------

ПК-8.1.1. Знает теоретические и практические основы фундаментальных наук; методологические принципы изучения живых систем; принципы теории и практики планирования медико-биологического эксперимента, его технического и математического обеспечения.

Результаты освоения ОП (компетенции)	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
--------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------

ПК-8. Способен к выполнению фундаментальных научных биомедицинских исследований.	ПК-8.1. Знает ПК-8.1.1. Знает теоретические и практические основы фундаментальных наук; методологические принципы изучения живых систем; принципы теории и практики планирования медико-биологического эксперимента, его технического и математического обеспечения.	з-3. Знает методы упрощения сложных систем для построения моделей.
--	---	--

№	Раздел(ы), подразделы(ы) дисциплины (модули, модульные единицы), формирующий(е) данный ЗУН	Тип задания	Содержание задания	Правильный ответ	Для какого вида контроля предназначен		
					ТК	СР	ПА
3.	Модуль 1. Математические модели в биологии. Модуль 2. Математические модели в медицине.	1. Установите соответствие	Установите соответствие между методом упрощения сложных систем и его характеристикой. Метод упрощения: 1. понижение порядка 2. агрегирование 3. разделение временных (и пространственных) масштабов Характеристика: А. объединение нескольких схожих переменных, состояний или процессов в одну переменную (например, группа метаболитов или клеточных популяций), что	понижение порядка – математическая процедура сокращения числа состояний системы при сохранении её основных динамических свойств агрегирование – объединение нескольких схожих переменных, состояний или процессов в одну переменную (например, группа метаболитов или клеточных популяций), что резко снижает размерность модели без существенной потери точности разделение временных (и	да	нет	да

			резко снижает размерность модели без существенной потери точности Б. выделение быстрых и медленных процессов (или мелких и крупных пространственных структур) с последующей редукцией: быстрые процессы аппроксимируются стационарными, а медленные - эволюционируют независимо В. математическая процедура сокращения числа состояний системы при сохранении её основных динамических свойств	пространственных) масштабов – выделение быстрых и медленных процессов (или мелких и крупных пространственных структур) с последующей редукцией: быстрые процессы аппроксимируются стационарными, а медленные - эволюционируют независимо			
		2. Вопросы с развёрнутым ответом	Как называется статистический метод приближения нелинейной системы линейными уравнениями в малой окрестности точки равновесия (или стационарного состояния) с помощью матрицы Якоби?	линеаризация	да	нет	да

ПК-8.2.1. Умеет использовать современные медико-биологические методы фундаментальных научных исследований; применять методы математического анализа и статистической обработки результатов наблюдений; интерпретировать результаты научных фундаментальных исследований в области медицины и биологии.

Результаты освоения ОП (компетенции)	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК-8. Способен к выполнению фундаментальных научных	ПК-8.2. Умеет ПК-8.2.1. Умеет использовать	у-1. Умеет выбирать адекватные экспериментальные модели в соответствии с задачами исследования.

биомедицинских исследований.	современные медико-биологические методы фундаментальных научных исследований; применять методы математического анализа и статистической обработки результатов наблюдений; интерпретировать результаты научных фундаментальных исследований в области медицины и биологии.	
------------------------------	---	--

№	Раздел(ы), подразделы(ы) дисциплины (модули, модульные единицы), формирующий(е) данный ЗУН	Тип задания	Содержание задания	Правильный ответ	Для какого вида контроля предназначен		
					ТК	СР	ПА
4.	Модуль 1. Математические модели в биологии. Модуль 2. Математические модели в медицине.	1. Установите соответствие	Установите соответствие между типом экспериментальной модели и ее характеристикой. Экспериментальная модель: 1. модель генетического триггера 2. модель гликолиза у дрожжей 3. модель «хищник–жертва» Характеристика: А. математическая модель, которая описывает колебательные процессы анаэробного расщепления углеводов и генерации АТФ Б. математическая модель,	модель генетического триггера – математическая модель, описывающая взаимодействие элементов биологической системы, которое приводит к переключению между двумя или более устойчивыми стационарными состояниями модель гликолиза у дрожжей – математическая модель, которая описывает колебательные процессы анаэробного расщепления углеводов и генерации АТФ модель «хищник–жертва» – математическая модель,	да	нет	да

			описывающая динамику численности двух взаимодействующих популяций, представляется двумя обыкновенными дифференциальными уравнениями В. математическая модель, описывающая взаимодействие элементов биологической системы, которое приводит к переключению между двумя или более устойчивыми стационарными состояниями	описывающая динамику численности двух взаимодействующих популяций, представляется двумя обыкновенными дифференциальными уравнениями			
		2. Вопросы с развёрнутым ответом	В модели роста бактериальной культуры при ограниченном количестве питательных веществ скорость роста замедляется по мере приближения к предельной численности. Как называется эта модель?	логистическая модель	да	нет	да

ПК-8.2.1. Умеет использовать современные медико-биологические методы фундаментальных научных исследований; применять методы математического анализа и статистической обработки результатов наблюдений; интерпретировать результаты научных фундаментальных исследований в области медицины и биологии.

Результаты освоения ОП (компетенции)	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК-8. Способен к выполнению фундаментальных научных биомедицинских исследований.	ПК-8.2. Умеет ПК-8.2.1. Умеет использовать современные медико-биологические методы фундаментальных научных исследований; применять методы математического анализа и	у-2. Умеет строить простые биологические и медицинские математические модели.

	статистической обработки результатов наблюдений; интерпретировать результаты научных фундаментальных исследований в области медицины и биологии.	
--	--	--

№	Раздел(ы), подразделы(ы) дисциплины (модули, модульные единицы), формирующий(е) данный ЗУН	Тип задания	Содержание задания	Правильный ответ	Для какого вида контроля предназначен		
					ТК	СР	ПА
5.	Модуль 1. Математические модели в биологии. Модуль 2. Математические модели в медицине.	1. Установите последовательность	Установите последовательность этапов математического моделирования биологического процесса. Запишите соответствующую последовательность цифр. 1) интерпретация результатов и проверка адекватности модели 2) формулировка биологической гипотезы 3) проведение вычислительного эксперимента 4) построение математических уравнений (формализация) 5) сбор экспериментальных данных для параметризации	2) формулировка биологической гипотезы 5) сбор экспериментальных данных для параметризации 4) построение математических уравнений (формализация) 3) проведение вычислительного эксперимента 1) интерпретация результатов и проверка адекватности модели	да	нет	да

		2. Ситуационные задачи/кейсы	При моделировании гликолиза используется система дифференциальных уравнений, описывающих динамику концентраций АТФ, АДФ и фруктозо-6-фосфата. Исследователь замечает, что в зависимости от параметров система может переходить от устойчивого стационарного состояния к автоколебаниям. Чтобы классифицировать эти режимы и наглядно представить все возможные траектории системы, ему необходимо отобразить зависимости между переменными состояниями, исключив явную временную координату. Как называется такой способ графического представления динамики системы?	фазовый портрет	да	нет	да
--	--	-------------------------------------	--	-----------------	----	-----	----

ПК-8.2.1. Умеет использовать современные медико-биологические методы фундаментальных научных исследований; применять методы математического анализа и статистической обработки результатов наблюдений; интерпретировать результаты научных фундаментальных исследований в области медицины и биологии.

Результаты освоения ОП (компетенции)	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК-8. Способен к выполнению фундаментальных научных биомедицинских исследований.	ПК-8.2. Умеет ПК-8.2.1. Умеет использовать современные медико-биологические методы фундаментальных научных исследований; применять методы	у-3. Умеет применять методы математического анализа и статистической обработки результатов наблюдений.

	математического анализа и статистической обработки результатов наблюдений; интерпретировать результаты научных фундаментальных исследований в области медицины и биологии.	
--	--	--

№	Раздел(ы), подразделы(ы) дисциплины (модули, модульные единицы), формирующий(е) данный ЗУН	Тип задания	Содержание задания	Правильный ответ	Для какого вида контроля предназначен		
					ТК	СР	ПА
6.	Модуль 1. Математические модели в биологии. Модуль 2. Математические модели в медицине.	1. Выбор нескольких правильных ответов	Выберите три верных ответа из шести. В каких случаях предпочтительнее использовать непараметрические критерии: 1) когда распределение признака неизвестно 2) когда данные представлены в интервальной шкале и распределение нормальное 3) когда выборка содержит выбросы 4) когда необходимо сравнить средние значения 5) когда признак измерен в порядковой шкале 6) когда дисперсии групп заведомо равны	1) когда распределение признака неизвестно 3) когда выборка содержит выбросы 5) когда признак измерен в порядковой шкале	да	нет	да

		2. Ситуационные задачи/кейсы	Исследователь проводит измерение уровня глюкозы у 50 пациентов одной возрастной группы. Полученные данные: среднее значение составило 4,6 ммоль/л, но отдельные показатели колеблются от 3,6 до 5,8 ммоль/л. Чтобы охарактеризовать типичную величину отклонения индивидуальных результатов от среднего, исследователю необходимо рассчитать меру изменчивости. Какой статистический показатель следует вычислить в данном случае?	стандартное отклонение	да	нет	да
--	--	-------------------------------------	--	------------------------	----	-----	----

ПК-9.1.1. Знает теоретические и методические основы фундаментальных и медико-биологических наук, клинических и прикладных дисциплин.

Результаты освоения ОП (компетенции)	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК-9. Способен к выполнению прикладных и поисковых научных биомедицинских исследований и разработок.	ПК-9.1. Знает ПК-9.1.1. Знает теоретические и методические основы фундаментальных и медико-биологических наук, клинических и прикладных дисциплин.	з-1. Знает теоретические основы применения математических моделей для описания клинических и биологических задач.

№	Раздел(ы), подразделы(ы) дисциплины (модули, модульные единицы), формирующий(е) данный	Тип задания	Содержание задания	Правильный ответ	Для какого вида контроля предназначен		
					ТК	СР	ПА

	ЗУН						
7.	Модуль 1. Математические модели в биологии. Модуль 2. Математические модели в медицине.	1. Установите последовательность	Установите последовательность шагов при анализе фазового портрета системы. Запишите соответствующую последовательность цифр. 1) определение положения особых точек 2) построение изоклин 3) исследование устойчивости особых точек 4) построение приближенных фазовых траекторий	1) определение положения особых точек 3) исследование устойчивости особых точек 2) построение изоклин 4) построение приближенных фазовых траекторий	да	нет	да
		2. Ситуационные задачи/кейсы	Исследователь анализирует систему дифференциальных уравнений модельной системы клеточного цикла (созревание ооцитов) и обнаруживает, что при определенном значении уровня ключевого фермента МАРК киназного каскада устойчивая особая точка теряет устойчивость, и от нее рождается новая ветвь решений. Как называется это явление?	бифуркация	да	нет	да

ПК-9.1.1. Знает теоретические и методические основы фундаментальных и медико-биологических наук, клинических и прикладных дисциплин.

Результаты освоения ОП (компетенции)	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК-9. Способен к выполнению прикладных и поисковых научных биомедицинских исследований и разработок.	ПК-9.1. Знает ПК-9.1.1. Знает теоретические и методические основы фундаментальных и медико-биологических наук, клинических и прикладных дисциплин.	з-2. Знает принципы построения биологических и медицинских математических моделей.

№	Раздел(ы), подразделы(ы) дисциплины (модули, модульные единицы), формирующий(е) данный ЗУН	Тип задания	Содержание задания	Правильный ответ	Для какого вида контроля предназначен		
					ТК	СР	ПА
8.	Модуль 1. Математические модели в биологии. Модуль 2. Математические модели в медицине.	1. Установите последовательность	Установите последовательность шагов при создании модели для прогнозирования течения болезни. Запишите соответствующую последовательность цифр. 1) построение прогностической модели 2) выявление значимых факторов риска 3) сбор ретроспективных данных 4) оценка прогностической точности	3) сбор ретроспективных данных 2) выявление значимых факторов риска 1) построение прогностической модели 4) оценка прогностической точности	да	нет	да

		2. Ситуационные задачи/кейсы	Исследователь анализирует фармакокинетику нового препарата. Для упрощённого описания процесса он условно разделяет организм на две части: кровеносную систему и ткани. Препарат вводят внутривенно болюсно в первый отсек, откуда он с постоянной скоростью поступает во второй отсек. Обратный переход из тканей в кровь отсутствует. Как называется такой тип математической модели?	камерная	да	нет	да
--	--	-------------------------------------	--	----------	----	-----	----

ПК-9.2.1. Умеет выполнять прикладные и поисковые научные исследования и разработки, направленные на улучшение диагностики заболеваний человека, скрининг, мониторинг заболеваний, оценку эффективности лечения.

Результаты освоения ОП (компетенции)	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК-9. Способен к выполнению прикладных и поисковых научных биомедицинских исследований и разработок.	ПК-9.2. Умеет ПК-9.2.1. Умеет выполнять прикладные и поисковые научные исследования и разработки, направленные на улучшение диагностики заболеваний человека, скрининг, мониторинг заболеваний, оценку эффективности лечения.	у-1. Умеет пользоваться учебной, научной, научно-популярной литературой, сетью Интернет для профессиональной деятельности.

№	Раздел(ы), подразделы(ы) дисциплины (модули, модульные единицы), формирующий(е) данный ЗУН	Тип задания	Содержание задания	Правильный ответ	Для какого вида контроля предназначен		
					ТК	СР	ПА

	Модуль 1. Математические модели в биологии. Модуль 2. Математические модели в медицине.	1. Установите соответствие	Установите соответствие между типом источника данных и его основной характеристикой в контексте математического моделирования. Источник данных: 1. научная статья (оригинальная) 2. учебник с грифом 3. препринт 4.научно-популярная статья Характеристика: А. содержит систематизированное изложение методов с примерами, но может отставать от современных данных Б. позволяет ознакомиться с новейшими результатами до официального рецензирования В. содержит готовые к использованию параметры модели, прошедшие рецензирование Г. содержит материал в доступной форме, может служить для поиска гипотез, но требует проверки первоисточников	научная статья (оригинальная) – содержит готовые к использованию параметры модели, прошедшие рецензирование учебник с грифом – содержит систематизированное изложение методов с примерами, но может отставать от современных данных препринт – позволяет ознакомиться с новейшими результатами до официального рецензирования научно-популярная статья – содержит материал в доступной форме, может служить для поиска гипотез, но требует проверки первоисточников	да	нет	да
--	---	--	--	---	----	-----	----

		2. Вопросы с развёрнутым ответом	Как называется электронный ресурс, объединяющий описания документов из разных библиотек с возможностью поиска?	электронный каталог	да	нет	да
--	--	---	--	---------------------	----	-----	----

2. Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации:

1. Международные программы исследований в области математической биологии и биоинформатики.
2. Математические методы изучения кинетики биологических процессов. Основные типы моделей (имитационные, динамические, точечные, распределенные и т.д.). Принципы построения математических моделей.
3. Временная иерархия процессов, методы декомпозиции и редукции больших систем. Примеры кинетических моделей биологических процессов. Качественные методы исследования динамической системы (в частности, системы обыкновенных дифференциальных уравнений).
4. Понятие стационарного состояния в кинетике биологических процессов. Устойчивость стационарного состояния.
5. Кинетические модели, описываемые одним дифференциальным уравнением первого порядка. Пример модели роста популяции. Экспоненциальная модель.
6. Модель Ферхюльста в непрерывной и дискретной форме. Особенности динамики непрерывной и дискретной систем. Пример псевдохаотических решений в дискретной модели. Учет «охоты» в динамике популяции, критические значения параметра «охоты», бифуркации.
7. Кинетические модели, описываемые двумя дифференциальными уравнениями. Фазовая плоскость, фазовые траектории, изоклины, особые точки. Оценка устойчивости системы. Типы особых точек и их характеристика.
8. Закон действующих масс при моделировании биохимических реакций.
9. Математическая модель ферментативной реакции. Теория Михаэлиса-Ментен.
10. Обезразмеривание системы как важный шаг исследования модели. Сингулярные системы. Метод квазистационарных решений. Теорема Тихонова.
11. Численные методы расчета модели. Модель ферментативной реакции как пример жесткой системы.
12. Особенности применения численных методов для интегрирования исходной, жесткой системы и псевдостационарной, нежесткой системы.
13. Модели различных типов ингибирования ферментативных реакций как примеры различных видов регуляции в биологических системах.
14. Кооперативные явления в ферментативных процессах, их моделирование. Кривая Хилла, методы оценки кинетических параметров ферментативных (биохимических) реакций.
15. Фармакокинетика, определение, основная цель, прикладная задача. Основные положения фармакокинетики: пути введения лекарственных веществ, всасывание, распределение, биотрансформация, выведение лекарственных веществ.
16. Приемы химической кинетики, используемые при фармакокинетическом моделировании. Формализация процесса распределения

препарата. Линеаризация данных.

17. Построение фармакокинетической модели, используемый математический аппарат, приемы химической кинетики. Понятие «камеры». Проверка адекватности модели.

18. Модели динамики роста популяции, взаимодействия видов, конкуренция, симбиоз, хищник-жертва. Модификация классической модели Вольтера. Пример конструирования модели типа хищник-жертва, имеющей предельный цикл.

19. Автоколебания в биохимических реакциях. Модель гликолитических осцилляций в дрожжах Баера.

20. Генетический триггер Жакоба и Моно. Кооперативность и триггерные свойства модели Жакоба — Моно. Способы переключения триггера.

21. Биологические триггеры и способы переключения в триггерных системах. Моностабильные и бистабильные системы. Обратимые и необратимые триггеры.

22. Модель: предпосылки создания, параметры проводимости для Na^+ и K^+ , система дифференциальных уравнений. Условия применения модели потенциала действия Ходжкина-Хаксли и модели Фитцхью-Нагумо.

В полном объеме фонд оценочных средств по дисциплине доступен в ЭИОС ФГБОУ ВО ВолГМУ Минздрава России.

Рассмотрено на заседании кафедры фундаментальной и клинической биохимии, протокол от «21» мая 2026г. № 13.

Заведующий кафедрой
фундаментальной и клинической
биохимии, д.м.н., профессор

О.В. Островский