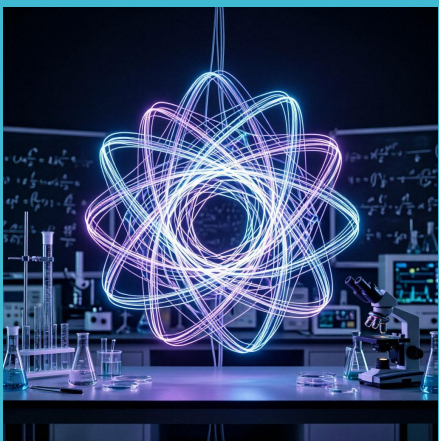


***От формулы к смыслу: ИИ-
ассистент как инструмент
преодоления разрыва в
ферментативной кинетике***

Коваль Екатерина Викторовна, к.б.н., доцент кафедры
Управления живыми системами и средового дизайна

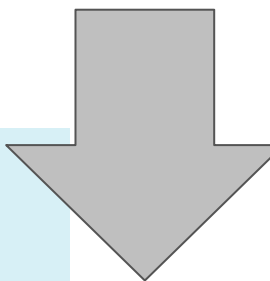




Проблема

В группах бакалавров-биохимиков наблюдается высокая гетерогенность по математической и химической подготовке. При изучении ферментативной кинетики часть студентов легко осваивает вывод уравнений и расчет параметров, а другая часть испытывает серьезные затруднения даже на этапе подстановки данных в формулу Михаэлиса-Ментен.

Более подготовленные начинают скучать при решении задач, вследствие нехватки "вызова"



Менее подготовленные либо копируют готовые решения, либо полностью теряют мотивацию

Контекст и ЦА

1. Дисциплина

«БИОКИНЕТИКА»

части, формируемой
участниками
образовательных
отношений

2. Целевая аудитория

**Бакалавры-
биохимики аграрного
института
1 группа: 10-11
человек**

3. Уровень образования

**Обучающиеся 3-го курса направления
подготовки 06.03.01 Биология
(образовательная программа «Биохимия»)**

Место эксперимент а в учебном плане

1. Введение в биокинетику (Лекция)
2. Квантово-механические аспекты биохимии (Лекция)
3. Основы кинетики (Практическая работа)
4. Влияние температуры и pH на скорость биохимических реакций (Лекция)
5. Общая характеристика ферментов (Лекция)
6. Основы кинетики 2 (Лекция)
7. Общая характеристика ферментов (Лекция)
8. Ферментативный катализ (Лекция)
9. Ферментативная кинетика (Практическая работа)
10. Активаторы и ингибиторы ферментов (Практическая работа)
11. Типы ферментативных комплексов и реакций (Лекция)
12. Локализация ферментов в организме (Практическая работа)
13. Инактивация ферментов (Лекция)
14. Моделирование в ферментативной кинетике (Лекция)
15. Методы выделения и очистки ферментов. Применение ферментов (Практическая работа)
16. Компьютерное моделирование ферментативных циклов (Практическая работа)
17. Фармакокинетика: основные понятия и прикладное значение (Лекция)
18. Экологическая кинетика (Практическая работа)
19. Фармакокинетика: основные понятия и прикладное значение (Лекция)
20. Кинетика популяций (Лекция)
21. Кинетика популяций (Практическая работа)
22. Кинетика популяций (Лекция)
23. Экологическая кинетика в экосистемах (Лекция)
24. Моделирование в ферментативной кинетике (Лекция)
25. Консультация перед аттестацией
26. Зачёт



Цель и исследовательский вопрос

- **Цель** — не «уравнять всех», а создать систему, где каждый студент работает в своем темпе, но при этом слабые не тормозят сильных, а сильные помогают слабым ненавязчиво.
- Разработать, внедрить и оценить эффективность ИИ-ассистента (гибридного чат-бота с элементами симулятора), который за счет намеренного воспроизведения типичных студенческих ошибок будет стимулировать метакогнитивную активность обучающихся и способствовать преодолению разрыва между формальным знанием и глубоким пониманием ферментативной кинетики.



Исследовательский вопрос

Как использование ИИ-ассистента, допускающего предсказуемые ошибки в расчетах ферментативной кинетики, влияет на:

- 1) академическую успеваемость студентов (правильные решения),
- 2) их метакогнитивные навыки (способность находить и исправлять ошибки, формализовать входные данные),
- 3) учебную мотивацию и самооценку.

Гипотеза

Если в процесс обучения ферментативной кинетике внедрить ИИ-ассистента, который систематически совершает типичные для слабоуспевающих студентов ошибки в расчётах и требует от обучающегося их обнаружения и вербального указания, то:

1. У студентов всех уровней подготовки возрастёт глубина понимания структуры уравнения Михаэлиса–Ментен (они перестанут механически подставлять данные и начнут видеть логику преобразований).
2. Слабые студенты будут вынуждены активно вникать в каждый элемент формулы, что приведёт к снижению числа типичных ошибок в их собственных решениях на 40% и более.
3. Сильные студенты получат дополнительный когнитивный стимул (поиск ошибок бота), что предотвратит снижение интереса и позволит им углубиться в обсуждение границ применимости моделей.
4. Сравнение двух предсказаний (ИИ vs точная формула) и их сопоставление с реальным экспериментом сформирует у студентов навык критической оценки компьютерных моделей и понимание их ограничений.

Нулевая гипотеза (для статистической проверки):

Внедрение такого ИИ-ассистента не приводит к статистически значимому изменению успеваемости или метакогнитивных навыков по сравнению с традиционными методами обучения.

Альтернативная гипотеза (рабочая):

Применение «намеренно ошибающегося» ИИ-ассистента значительно повышает успеваемость (прирост среднего балла $\geq 15\%$) и уровень метакогнитивной активности (доля нашедших ошибку $\geq 70\%$) в экспериментальной группе по сравнению с контрольной.

Дорожная карта работ для проверки гипотезы

Август 2026 г.

Формулировка требований к ИИ-решению (написание промптов-инструкций с примерами всех «ловушек» для каждого типа задач с тремя уровнями ошибок (лёгкая, средняя, сложная), чтобы можно было выбирать уровень сложности для разных занятий, бланки для фиксации результатов)

**Сентябрь 2026 г. –
декабрь 2026 г.**

Проведение
эксперимента

Январь 2027 г.

Подведение итогов
эксперимента,
написание отчета

Дизайн эксперимент а

Проводим эксперимент «**до-после**» (baseline — intervention — post-test) в рамках 3 тем. Все студенты проходят через все этапы, но с фиксацией их персонального прогресса.

Этап	Темы дисциплины	Что делаем	Роль ИИ	Измерения
ШАГ 1. Диагностика (Baseline)	№ 8. Ферментативный катализ + № 9. Ферментативная кинетика (первые 2 практических занятия)	Студенты решают классические задачи (расчёт K_m , V_{max} , построение графиков М.-М. и Лайнуивера-Берка) строго без ИИ, только калькулятор и линейка.	ИИ запрещён.	Время решения, % ошибок, количество вопросов «а что делать?», самооценка уверенности (1–10). Это - контроль

Дизайн эксперимента					
Этап	Темы дисциплины	Что делаем	Роль ИИ	Измерения	
	ШАГ 2. Вмешательство (Intervention)	№ 10. Активаторы/ингибиторы + №12. Локализация + №14. Моделирование в ферментативной кинетике	Переходим в гибридный режим. Теперь ИИ разрешён, но по строгому протоколу: студент сначала запрашивает у бота решение, а затем обязан найти в этом решении 2 ошибки/галлюцинации и исправить их (режим «Киборг»). Если студент слепо копирует — работа не засчитывается.	ИИ-бот работает в режиме «Галлюцинатор» (специально делает типичные ошибки в расчётах или путает типы ингибирования).	Качество найденных ошибок, количество уточняющих вопросов (резко падает), точность финального ответа.
	ШАГ 3. Контрольный срез (Post-test)	№ 16. Моделирование в ферментативной кинетике + № 24. Компьютерное моделирование	Повторная диагностика. Студенты снова получают задачи того же типа, что и на Шаге 1, но с новыми цифрами. ИИ снова запрещён, чтобы увидеть, осталось ли что-то в головах.	ИИ запрещён.	Время, ошибки, вопросы — сравниваем с Шагом 1. Главный критерий: разрыв между сильными и слабыми должен сократиться.

Какой ИИ нам нужен?

Какой тип ИИ предполагается?

- Гибрид: «чат-бот с элементами симулятора на основе знаний» (Rule-based + LLM с фиксированным промптом, имитирующим физико-химическую модель).
- Почему не чистый симулятор?
- Чистый симулятор (например, написанный на Python, который точно решает уравнение Михаэлиса-Ментен) слишком точен и не дает педагогического эффекта «обсуждения неточности». Чат-бот с LLM может ошибаться правдоподобно, что провоцирует студентов критически сравнивать с реальным опытом.

Конкретно:

- Используем LLM (GPT-4, Claude, или даже локальную модель) с жестким системным промптом, где она выступает в роли «биохимического предиктора».
- В промпт зашиты базовые уравнения (например, зависимость скорости ферментативной реакции от pH, температуры, субстрата) — это делает его похожим на симулятор, но с вероятностным, «живым» ответом.

Логика работы бота

Логика бота – не просто чат, а «вредный репетитор».

На входе студент вводит параметры задачи (например: «Концентрация субстрата 0.05 мМ, концентрация фермента 0.01 мкМ, начальная скорость 2.5 мкМ/мин, определи K_m »).

На выходе бот выдаёт структурированный, но **содержащий ошибку** ответ. Например:

«Решение: $V_{max} = 10$ мкМ/мин. Подставляем в уравнение М.-М.: $K_m = (V_{max} * [S]) / v = (10 * 0.05) / 2.5 = 0.2$ мМ.»

Ошибка: бот «забыл» вычесть v из V_{max} в знаменателе (правильная формула: $K_m = [S] * (V_{max} - v) / v$). Что является типичной ошибкой слабых студентов.

Студент обязан написать в чат: «Нашёл ошибку: в формуле пропущено $(V_{max} - v)$ » — и только после этого бот выдаёт правильный ответ и хвалит студента.

Почему это работает на гетерогенность?

- **Сильные** быстро находят ошибку и не скучают (им интересно «ловить» бота).
- **Слабые** перестают просто копировать — они вынуждены вглядываться в формулу, чтобы найти ошибку. Это заставляет их учить формулу, а не просто подставлять цифры.

Возможная формализаци я

Формализация возможна на входе — в описании параметров эксперимента, которые студент подает в ИИ.

Зачем:

Студенты (менее подкованные в биохимии) склонны писать «много крахмала», «немного фермента», «тепло». ИИ на такой запрос выдаст галлюцинацию. Если же они введут «1% крахмал, 0.1 мг/мл амилазы, pH 6.8, 25°C» — предсказание будет осмысленным.

Где именно ввести формализацию:

Создать **бланк-шаблон** (бумажный в протоколе практического занятия), где студент обязан заполнить:

- Концентрация субстрата (в % или mM)
- Концентрация фермента (в мг/мл или Ед/мл)
- pH (число)
- Температура (°C)
- Время инкубации (мин)
- Без этих пяти полей ИИ не отвечает (бот проверяет наличие чисел и единиц).

Что дает:

Слабые студенты, которые раньше действовали наугад, вынуждены **формализовать** свою постановку. Это уже половина обучения биохимическому мышлению.

Усиление эксперимент а

Усиление за счет добавления слоя «конкурирующих предсказаний» — добавление второго ИИ (или того же, но с другим промптом) / простого табличного калькулятора.

Что это значит?

Студент получает не одно предсказание, а два:

- **Предсказание ИИ-бота** (свободный ответ на естественном языке).
- **Предсказание жесткой формулы** (например, таблица Excel или Яндекс таблица, которая считает по уравнению Михаэлиса-Ментен с фиксированными параметрами).

Почему это усиливает?

- Слабые студенты видят разницу между «моделью из учебника» (точной, но сухой) и «гибким ИИ» (может ошибаться, но понятен).
- Сильные студенты могут начать спор: «Почему ИИ дал ответ 9 минут, а формула — 11? Какую поправку внес ИИ?» Это выводит на обсуждение скрытых допущений (например, ИИ «знает», что при 25°C амилаза из слюны работает хуже, чем в оптимуме 37°C).

Что для этого нужно?

1. Чат-бот с промптом (например, в VK через любой AI-бот).
2. Одна ячейка в Google Sheets, куда студент вводит 4 числа, и она выдает время по формуле $V = V_{\max} * [S] / (K_m + [S])$, где $V_{\max}$ и K_m заданы скрыто.

Сравнение двух предсказаний между собой и с реальностью — это мощный **метакогнитивный тренажер**.

Критерии успеха

Показатель	Метод сбора	Ожидаемая динамика
Время решения базовой задачи (расчёт Km)	Секундомер на Шаге 1 и Шаге 3	У слабых должно сократиться на 30–40%, у сильных — остаться прежним или чуть вырасти (за счёт рефлексии)
Количество ошибок в расчётах	Проверка работ	У слабых снижение в 2 раза
Количество вопросов преподавателю «А что делать?»	Подсчёт на каждом занятии	Должно сойти на нет к Шагу 3 (студенты привыкают искать ответ в диалоге с ботом)
Качество критики ИИ (на Шаге 2)	Оценка по шкале: 0 — не нашёл, 1 — нашёл, но не объяснил, 2 — нашёл и объяснил	80% группы должны получить 2 балла
Самооценка уверенности (опросник)	Шкала Лайкерта от 1 до 10 в начале и в конце модуля	Рост у слабых на 2–3 пункта

Ожидаемые
результаты и
риски

Риски

Ключевые ограничения	Решение
Нереальные и абсурдные предсказания ИИ	Необходимо заранее проверить, чтобы ИИ не давал абсурдных предсказаний (например, отрицательное время). Для этого в промпт добавляют «защиту от глупости» и примеры.
Слепая вера в ИИ	При использовании «усиления» у слабых студентов — исчезает дилемма «либо я верю ИИ, либо не верю». Появляется третья опция: «сравню, подумаю, измерю».
Слабый студент не находит ошибку с трех попыток и теряет мотивацию	Внедрить систему подсказок (если студент дважды ошибся, бот выдает наводящий вопрос). После третьей неудачи бот показывает правильный ответ и засчитывает задание с коэффициентом.

Ожидаемые результаты

Прямые образовательные результаты:

1. Студенты научатся критически оценивать выводы ИИ-моделей, сопоставляя их с точными расчетами и реальным экспериментом.
2. У студентов сформируется навык формализации биохимической задачи.
3. Рост самооценки по шкале “Я понимаю, как работает уравнение Михаэлиса-Ментен” (опросник Лайкерта) в среднем на 1,5 балла.