

І. ЭКОЛОГИЯ

Задача 1.

Инвазионная экология и межвидовая конкуренция аборигенных и чужеродных популяций усоногих раков (Cirripedia) в условиях литорали Северного моря

Справочная информация

Морские жёлуди (Cirripedia: Balanomorpha s.l.) – облигатные бентосные фильтраторы. После пелагической личиночной стадии (науплиус → циприс) они оседают на твердый субстрат, прикрепляются и выделяют известковые домики. Из-за дефицита места на скалах между ними возникает жесточайшая конкуренция за пространство.

Вид 1: *Semibalanus balanoides* – аборигенный для акватории Европы холодноводный бореальный вид, населяющий приливно-отливную зону. Распространен от побережья Шпицбергена и Великобритании до северо-западной Испании. Также встречается в северных морях России (например, в Белом и Баренцевом). Размножается строго один раз в год (зимой), массовое оседание личинок происходит весной. Отличается медленным ростом, но достигает крупных размеров (базальный диаметр взрослой особи ≈ 10 мм). Домик прочный.

Вид 2: *Austrominius modestus* – чужеродный для акватории Европы инвазивный вид. Естественно-исторический ареал вида – Южное полушарие (субтропические и умеренные зоны Австралии, Тасмании и Новой Зеландии). Завезен в Европу на днищах или с балластными водами кораблей во время Второй мировой войны (Великобритания, порт Чичестер, 1940–1943 гг.). Тепловодный вид. Является r-стратегом: растет экстремально быстро, достигает половой зрелости за 2–3 месяца. Размножается непрерывно на протяжении всего теплого сезона (дает несколько генераций). Взрослые особи мелкие (базальный диаметр ≈ 6 мм). Домик более хрупкий.



А – *Semibalanus balanoides* (© Auguste Le Roux);

Б – *Austrominius modestus* (© Ashley Cottrell)

Рисунок 1 – Внешний вид модельных объектов

Легенда исследования

Объект исследования: Конкуренция аборигенного (*S. balanoides*) и инвазивного (*A. modestus*) видов на искусственных субстратах в приливно-отливной зоне (литорали) Северного моря.

Стационар: Экспериментальные пластины площадью 100 см^2 ($10 \times 10 \text{ см}$), закрепленные на сваях пирса.

Дополнительные допущения:

- В рамках данной задачи форма основания домика обоих видов принимается за идеальный круг. Площадь круга вычисляется как $S = \pi \times r^2$ (для упрощения расчетов примите $\pi \approx 3,14$).
- В рамках задачи будем считать, что особи плотно прилегают друг к другу, но не могут расти друг на друге (конкуренция в 2D-пространстве). Коэффициентом пустот при примыкании кругов в данной задаче мы пренебрегаем и считаем, что пластичные домики смыкаются, заполняя 100% площади.

Задания

1.1 Оценка емкости среды (K). Максимальная плотность поселения ограничена доступной площадью. Рассчитайте теоретическую емкость среды (максимальное количество взрослых особей, K), которая может поместиться на одной экспериментальной пластине для монопопуляции аборигенного вида *S. balanoides*. Полученное расчетное значение округлите до целого числа особей.

1.2 Расчет коэффициента конкуренции Лотки-Вольтерры (α). В классических уравнениях Лотки-Вольтерры влияние одного вида на другой выражается через коэффициент конкуренции. В конкуренции за пространство этот коэффициент можно геометрически выразить через соотношение базальных площадей взрослых особей модельных видов морских желудей. Рассчитайте коэффициент конкуренции α_{21} (показывающий, сколько особей инвазивного *A. modestus* вытесняет одна особь аборигенного *S. balanoides* при физическом разрастании на субстрате). Полученное расчетное значение округлите до сотых.

1.3 Удельная скорость роста популяции (r). В начале июня на свободную пластину осело 2 циприсовидные личинки инвазивного *A. modestus*. Благодаря непрерывному размножению и оседанию новых личинок от этих особей, через 120 дней (в начале октября) численность на пластине достигла 80 особей. Используя модель экспоненциального роста ($N_t = N_0 \times e^{rt}$, где N_0 – начальная численность, N_t – численность в момент времени t , e – основание натурального логарифма), рассчитайте удельную суточную скорость роста (r) для этой локальной популяции. Результат выразите в процентах в сутки, округлив итоговое значение до десятых.

Примечание: натуральный логарифм $\ln(40) \approx 3,689$.

1.4 Анализ биомассы при вытеснении. Осенью на одной из пластин аборигенный вид (из-за более быстрого латерального роста) полностью раздавил инвазивный вид. Перед этим на пластине находилось 150 взрослых особей *A. modestus* и 20 особей *S. balanoides*. Известно, что сухая масса органического вещества одной взрослой особи *A. modestus* составляет 2 мг, а *S. balanoides* – 12 мг.

Какая общая сухая биомасса усоногих раков (в миллиграммах) останется на пластине после того, как аборигенный вид завершит конкурентное исключение инвазивного вида, расширив свои домики и заняв освободившееся место (при условии, что численность аборигенного вида не изменится, но они достигнут своего максимального взрослого размера)?

Примечание: используйте логику, а не сложные формулы.

1.5 Анализ стратегий выживания. В задании 1.2 Вы выяснили, что аборигенный *S. balanoides* физически крупнее и сильнее (одна особь вытесняет несколько инвазивных). Опираясь на Рисунок 2 и Ваши знания, определите, за счет какого экологического механизма более мелкий инвазивный *A. modestus* не только избегает полного вытеснения, но и успешно колонизирует литораль Европы?

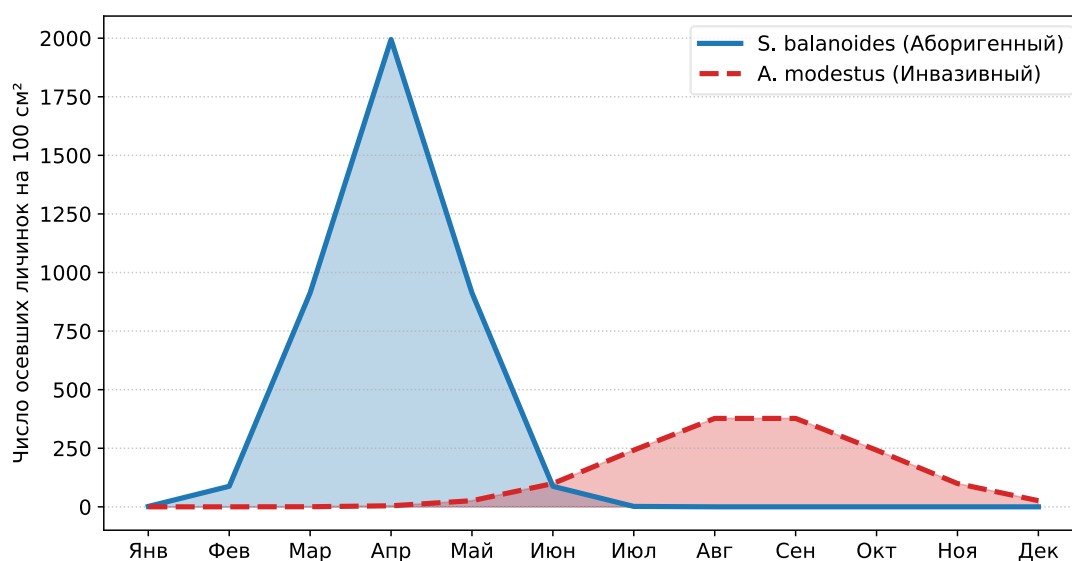


**Рисунок 2 – Сезонная динамика оседания личинок на субстрат
(число новых особей на 100 см² в месяц).**

Варианты ответов на задание 1.5:

А	Инвазивный вид выделяет аллелопатические токсины, растворяющие известковые домики аборигенного вида в летний период.
Б	Аборигенный вид массово оседает весной и занимает весь субстрат; инвазивный вид, будучи r-стратегом с непрерывным размножением, использует стратегию «партизанской войны» – оседает с лета по осень на любые микропустоты, образующиеся после гибели старых особей аборигенного вида.
В	Скорость экспоненциального роста аборигенного вида летом математически превышает скорость роста инвазивного, что заставляет последнего переходить в состояние анабиоза до зимы.
Г	Личинки инвазивного вида (циприсы) оседают исключительно поверх живых домиков аборигенного вида, выступая в роли эктопаразитов.

1.6 Сдвиг реализованной ниши. Изучите распределение видов в эстуарии реки (от открытого моря с соленостью 35‰ до речной воды 5‰) приведенное на Рисунке 3. Какое фундаментальное правило популяционной экологии иллюстрирует данный график?

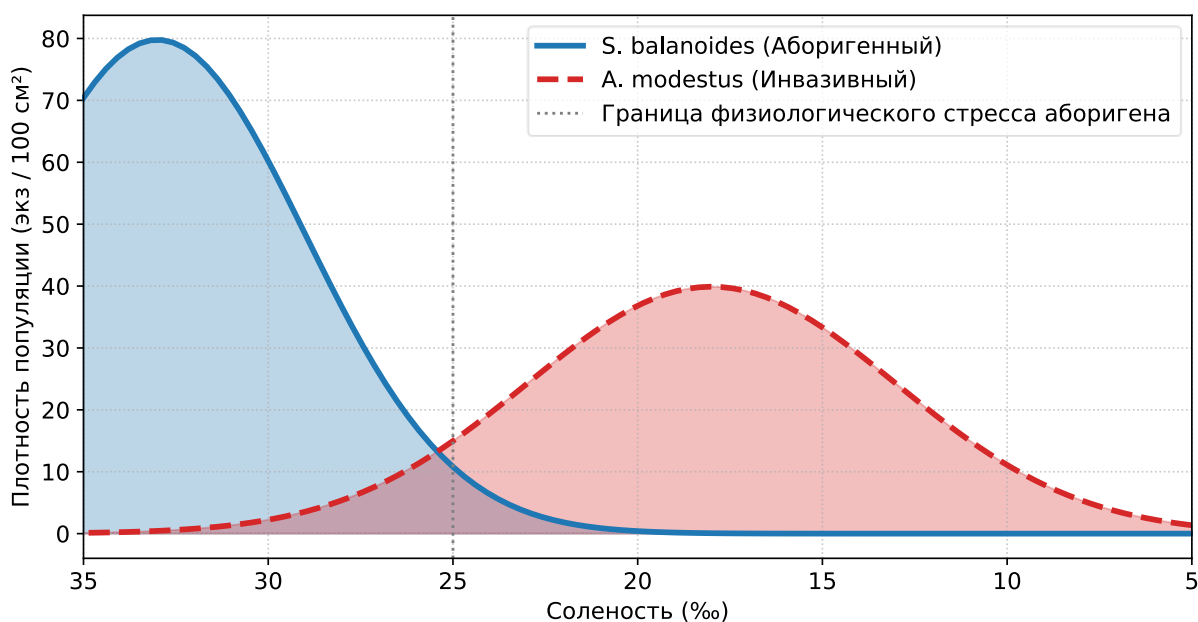


Рисунок 3 – Реализованная ниша: плотность популяций по градиенту солености в эстуарии реки

Варианты ответов на задание 1.6:

А	Принцип конкурентного исключения Гаузе: аборигенный вид полностью вытеснил инвазивный из открытого моря (30–35‰), доказав свою абсолютную экологическую пластичность.
Б	Асимметричная конкуренция и физиологические лимиты: аборигенный вид доминирует в оптимальных морских условиях, физически вытесняя инвазивный вид. Однако инвазивный вид имеет более широкую толерантность к опреснению и формирует свою реализованную нишу в эстуарии (10–20‰), где аборигенный вид гибнет от осмотического стресса.
В	Правило Бергмана: особи инвазивного в опресненной воде становятся мельче, чтобы увеличить соотношение площади поверхности к объему для лучшего выведения солей.
Г	Мутуалистический симбиоз: в зоне 20–25‰ оба вида достигают максимальной плотности, так как их совместная фильтрация воды улучшает кормовую базу друг для друга.

1.7 Влияние глобального изменения климата

Учитывая температурные предпочтения видов, спрогнозируйте, как отразится потепление поверхностных вод Северного моря на исход межвидовой конкуренции через 50 лет?

Варианты ответов на задание 1.7:

А	Повышение температуры ускорит метаболизм аборигенного холодноводного вида, позволив ему давать по 3–4 генерации в год и полностью уничтожить инвазивный вид.
Б	Возникнет эффект «температурного сжатия»: зимние температуры перестанут опускаться достаточно низко для успешного созревания гонад аборигенного вида (выпадение весеннего оседания), что приведет к полной монополизации субстрата тепловодным инвазивным видом.
В	Потепление вызовет снижение уровня Мирового океана, что увеличит площадь литорали и полностью снимет конкуренцию за пространство между обоими видами.
Г	Оба вида начнут мигрировать в экваториальные воды, так как повышение температуры воды всегда сопровождается увеличением концентрации растворенного кислорода, необходимого фильтраторам.

Требования к решению заданий 1.1–1.7:

- Округление согласно требованиям задания;
- Корректное внесение ответов в соответствующие поля бланка ответов;
- Корректное внесение буквенного обозначения правильного варианта ответа в бланк ответов при выполнении закрытых тестовых заданий.

II. БОТАНИКА

Задание 2.1.

Рассмотрите схему цикла развития полноциклового двухозийного ржавчинного гриба *Puccinia graminis*, возбудителя стеблевой (линейной) ржавчины злаков. Пользуясь схемой, впишите в таблицу бланка ответов номера стадий спороношения и состояние ядер в спорах, используя обозначения: n (гаплоидное ядро), $2n$ (диплоидное ядро), $n+n$ (дикарион).

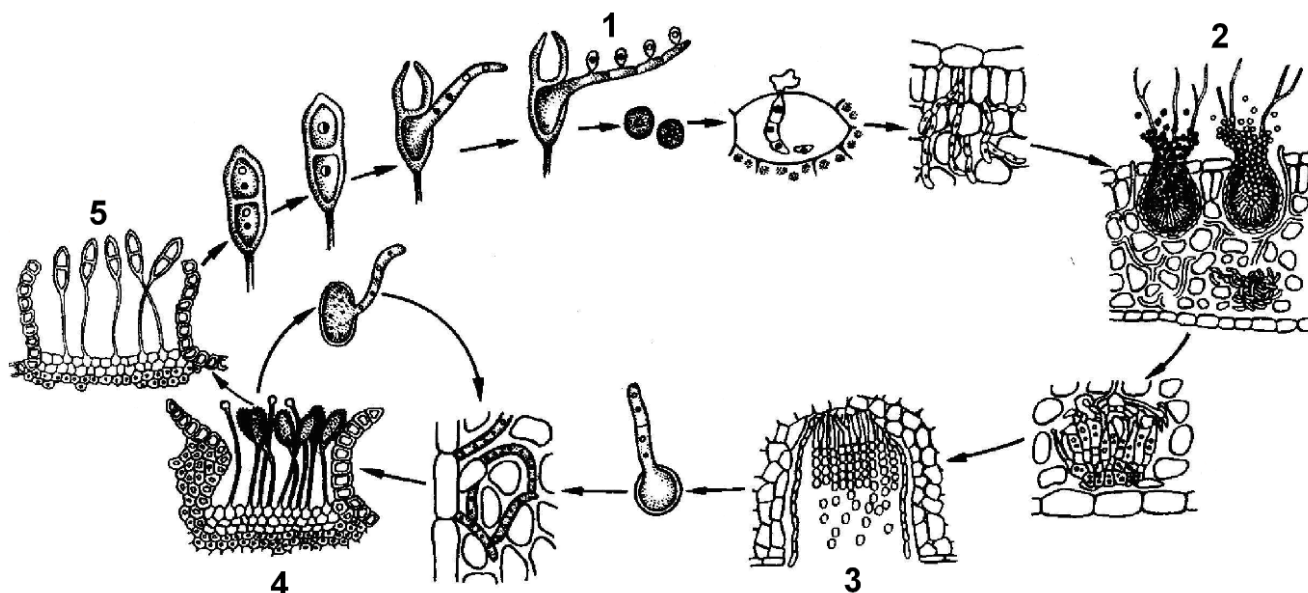


Рисунок 4 – Схема цикла развития ржавчинного гриба *Puccinia graminis*

Таблица – Обозначения (номера, №) стадий спороношения в бланке ответов

Задание 2.1	№ в бланке ответов	Стадия спороношения
	А	Спермогонии (пикниды, пикнии) со спермациями (пикниоспорами, пикноспорами)
	Б	Базидия с базидиоспорами
	В	Урединий (уредопустула) с урединоспорами (уредоспорами)
	Г	Телий (телиопустула) с телиоспорами (телейтоспорами)
	Д	Эций (эцидий) с эциоспорами (эцидиоспорами)

Задание 2.2.

Рассмотрите рисунки, изображающие растения с метаморфозами органов, и выберите метаморфозы побега. **Ответ** запишите в соответствующую ячейку бланка ответов в виде номера растения на рисунке (1, 2... 9).

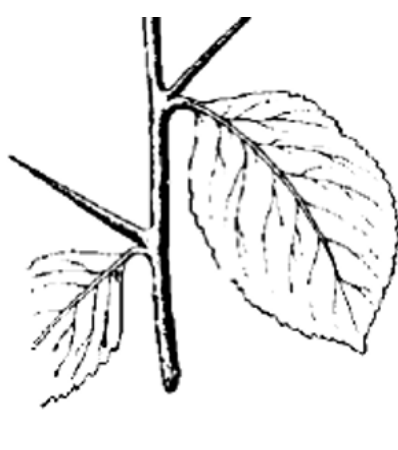
		
№1. Росянка	№ 2. Горох	№ 3. Боярышник
		
№ 4. Огурец	№ 5. Непентес	№ 6. Опунция
		
№ 7. Картофель	№ 8. Барбарис	№ 9. Иглица

Рисунок 5 – Внешний вид растений с метаморфозами различных органов

III. ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Задание 3.1.

Соотнесите класс фитогормонов и коммерческий(-ие) препарат(-ы) на его основе. **Ответ** запишите в виде соотношения букв и цифр в соответствующую ячейку бланка ответов. Пример записи ответа: **A1 B2 B– Г3** и т.д.

Классы фитогормонов:

A	Абсцизовая кислота
Б	Ауксины
В	Брассиностероиды
Г	Гиббереллины
Д	Цитокинины
Е	Этилен

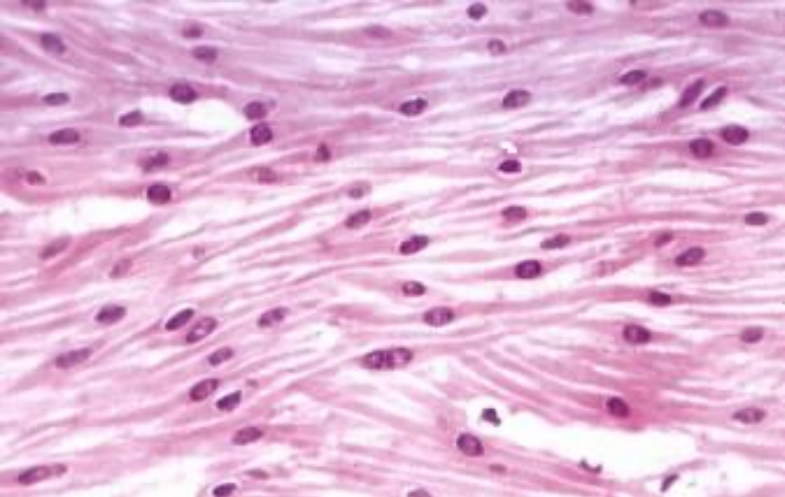
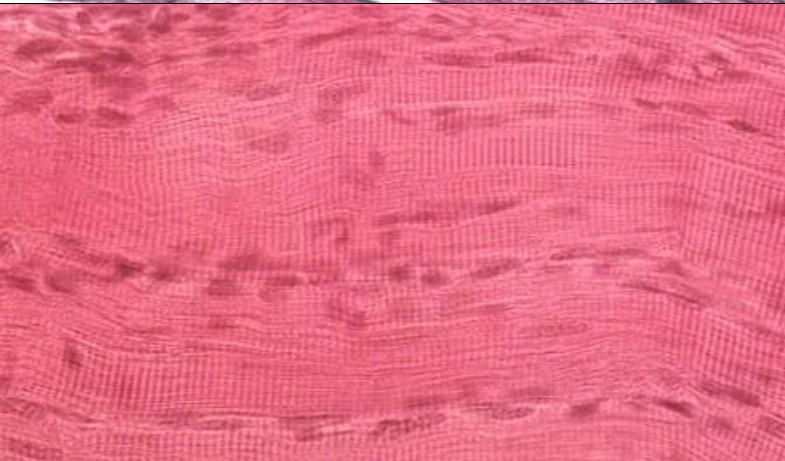
		
1	2	3
		
4	5	6

Рисунок 6 – Коммерческие препараты на основе фитогормонов

IV. АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Задание 4.

На рисунке представлены фотографии гистологических препаратов тканей.
Ответы на вопросы об этих тканях вставьте в соответствующие ячейки бланка ответов в виде цифр без знаков препинания.

А	
Б	
В	

4.1. Препараты каких тканей изображены на рисунках?

1. Костной;
2. Миокарда;
3. Хрящевой;
4. Гладкой мышечной;
5. Поперечнополосатой мышечной;
6. Плотной оформленной соединительной;
7. Многослойного ороговевающего эпителия;
8. Рыхлой волокнистой неоформленной соединительной.

4.2. Выберите утверждения, характеризующие данные ткани.

1. Образует наружную оболочку сосудов;
2. Структурной единицей является остеон;
3. Образована совокупностью миосимпластов;
4. Поверхностный слой клеток образует роговые чешуйки;
5. Представлена веретеновидными одноядерными клетками;
6. Содержит группы клеток по 2-4, много аморфного вещества;
7. Состоит из клеток, имеющих поперечнополосатую исчерченность и соединенных вставочными дисками;
8. Содержит много упорядоченно организованных коллагеновых и/или эластиновых волокон.

4.3. В каких органах присутствуют ткани, представленные на рисунках?

1. Язык;
2. Кожа;
3. Сердце;
4. Связки;
5. Ключица;
6. Стенка тощей кишки;
7. Межпозвоночный диск;
8. Стенка лучевой артерии.

4.4. Ткани, препараты которых приведены на рисунках выше, имеют следующие физиологические особенности:

1. Обладают высокой скоростью регенерации;
2. Обладают возбудимостью и сократимостью;
3. Основная физиологическая роль – опорная и защитная;
4. Функционирование зависит от концентрации ионов Ca^{2+} внутри клеток/надклеточных структур;
5. Из центральной нервной системы получают «команды» через ацетилхолинергические нервные волокна;
6. Способны синтезировать и выделять эндокринно и/или паракринно биологически активные вещества.

V. ГЕНЕТИКА

Задание 5.1.

У дурмана пурпурная окраска стебля обусловлена геном P , зеленая окраска – геном p . Фенотип гетерозигот зависит от условий внешней среды. При выращивании растений на ярком свете аллель P полностью доминирует над p ($P > p$). В условиях пониженного доступа света наблюдается промежуточное наследование: PP – пурпурный стебель, Pp – красный, pp – зеленый.

Определите ожидаемую долю растений с пурпурным стеблем среди потомства, полученного при скрещивании двух растений с красным стеблем, если потомство выращивать на ярком свете.

Ответ выразите в процентах с точностью до целых.

Задание 5.2.

Дедушка Василия со стороны матери имеет IV группу крови (AB_0), у бабушек и дедушки со стороны отца – I. Основываясь на этих данных, укажите, какова вероятность того, что у Василия будет такая же группа крови как у дедушки со стороны матери.

Ответ выразите в процентах с точностью до целых.

Задание 5.3.

Окраска шерсти у кроликов контролируется серией множественных аллелей гена C . Порядок доминирования аллелей следующий: C (агути) $> c^{ch}$ (шиншилла) $> c^h$ (гималайский) $> c^a$ (альбинос). Аллель c^{ch} неполностью доминирует над c^h и c^a .

Селекционер скрестил кроликов светло-шиншилловой окраски с гималайскими. При этом было получено 49 крольчат светло-шиншилловой окраски, 26 гималайских и 24 альбиноса. Определите генотипы родителей и гибридов первого поколения. Если среди гибридов первого поколения отобрать и скрестить между собой двух кроликов – альбиноса и кролика с гималайской окраской, то какова вероятность того, что три крольчонка от этой пары будут одного цвета?

Ответ выразите в процентах с точностью до целых.