

ЗАДАНИЕ

практического тура заключительного этапа

XLII Всероссийской олимпиады школьников по биологии. 2025-26.

11 класс. ЭКОЛОГИЯ И СИСТЕМАТИКА ЖИВОТНЫХ КЫШТЫМСКИЙ КАРЛИК

Продолжительность работы – 45 минут. Максимум 50 баллов.

Обратите внимание, что проверяется ТОЛЬКО ЛИСТ ОТВЕТОВ.

Оборудование: стереомикроскоп, чашка Петри с пробой икры, предметное стекло, 2 препаровальные иглы, объект-микрометр, вода в стакане, пипетка Пастера, салфетка

Введение:

Кыштымская авария, произошедшая 29 сентября 1957 года на производственном объединении «Маяк», стала одной из крупнейших радиационных катастроф в истории и уступает по масштабам лишь авариям на Чернобыльской АЭС и Фукусиме-1. В результате взрыва емкости с жидкими радиоактивными отходами произошел выброс радионуклидов, в том числе, стронция-90 и цезия-137, что привело к образованию Восточно-Уральского радиоактивного следа. Эта катастрофа оказала колоссальное воздействие на озерную систему Челябинской и Свердловской областей. Сформировавшийся в результате аварии радиационный фон привел к угнетению экосистем и отразился в падении численности наиболее чувствительных видов. Несмотря на прошедшие десятилетия, донные отложения затронутых озер остаются источниками стронция-90, который продолжает циркулировать в трофической сети, поддерживая сохраняющуюся нагрузку на экосистемы.



Рис. 1 Восточно-Уральский радиационный след в результате аварии на ПО «Маяк» (г. Кыштым) по состоянию на 29 сентября 1957 г. Поверхностная активность радионуклида стронция (⁹⁰Sr) отмечена в виде изолиний в ед. Кюри на квадратный километр (Ки/км²)

Задание 1 [33 балла] Икра всему голова

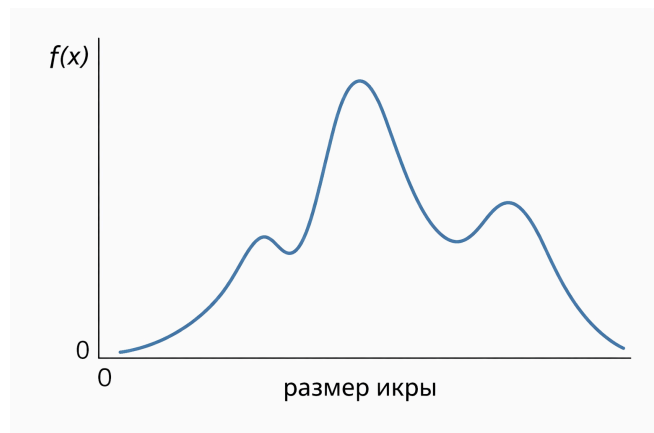
Вам предлагается проба икры неизвестного вида костистых рыб, собранная в озере Кожакуль (“Е” на рис. 1) весной 2025 года. Одной из особенностей радиоактивных загрязнений является накопление изотопов стронция в костной ткани и репродуктивных органах макрофауны. Для изучения эффекта донных загрязнений стронцием-90 (^{90}Sr) вы решили сравнить степени развития икры, отобранной из озера Кожакуль, а также икры того же вида рыб из озера Исетского, расположенного на северо-востоке Екатеринбурга.

1.1 [11 баллов] С использованием стереомикроскопа и фрагмента определителя икры костистых рыб России (ПРИЛОЖЕНИЕ 1) определите, какому таксону принадлежит отобранная икра. С помощью пипетки Пастера нанесите каплю воды на предметное стекло, положите в эту каплю икру и **незамедлительно** приступите к выполнению определения. Используйте только нижнее просвечивающее освещение. Для определения используйте более округлые икринки без явных дефектов внешней оболочки. Запишите ход определения (в виде порядка номеров **выбранных тез**) и определенный таксон рыб (А-О) в специально отведенные поля в ЛИСТЕ ОТВЕТОВ.

1.2 [5 баллов] С помощью объект-микрометра и стереомикроскопа проведите измерение примерного диаметра десяти (10) отдельных икринок из предоставленной вам пробы. Для измерения используйте более округлые икринки без явных дефектов внешней оболочки. Положите на предметное стекло объект-микрометр с ценой деления 100 мкм (0.1 мм) и рядом нанесите каплю с икринками. Используйте только нижнее просвечивающее освещение. Фокусируясь на шкалу и на икринку попеременно, оцените, сколько делений шкалы укладывается в диаметре икринки.

Запишите полученные значения в миллиметрах, округлив до **десятых**, в ЛИСТ ОТВЕТОВ.

1.3 [12 баллов] Для сравнения эффекта радионуклидов на развитие икры ваши коллеги предоставили вам замеры размеров икры из озера Кожакуль, а также из озера Исетского, расположенного на северо-востоке Екатеринбурга. Вы решили провести статистический тест, чтобы проверить гипотезу, что радиационный фон вызывает нарушение репродуктивной функции, приводящее к изменению размеров икры. **Обратите внимание**, что у исследуемого вида рыб распределение размеров икры выглядит как показано на рисунке справа. Это объясняется наличием в пределах вида нескольких морф, мечущих икру разного размера.



Размеры икры из двух озер представлены в таблице 1.

| Таблица 1. Размер икры в разных озерах, мм | |
|---|--------------|
| оз. Кожакуль | оз. Исетское |
| 2.19 | 2.34 |
| 1.89 | 3.12 |
| 2.28 | 2.95 |
| 2.08 | 3.07 |
| 2.61 | 2.24 |
| 2.43 | 2.92 |

Для проведения теста вам необходимо выбрать подходящий критерий из представленных (см *Приложение 3-6*), найти значение критерия, определить критическое значение критерия на уровне значимости 5% и на основе ваших расчетов сделать вывод, подкрепленный статистикой. После проведения статистического теста заполните соответствующие поля в ЛИСТЕ ОТВЕТОВ.

1.4 [5 баллов] Основываясь на полученных данных, выберите верные утверждения. Заполните соответствующую таблицу в ЛИСТЕ ОТВЕТОВ.

| № | Утверждение | Верно | Неверно |
|----------|---|--------------|----------------|
| 1 | Отобранная в пробе икра принадлежит демерсальному (бенто-пелагическому) виду рыб. | | |
| 2 | Отобранная из озера Кожакуль проба икры была оплодотворена не менее, чем за неделю до момента сбора. | | |
| 3 | Можно предположить, что основная часть радионуклидов в реке Исеть поступило в нее с левых приточных рек. | | |
| 4 | В сравнении со стронцием-90 (^{90}Sr) стоит ожидать большего накопления цезия-137 (^{137}Cs) в донных отложениях. | | |
| 5 | Негативное влияние радионуклидов на репродуктивные органы затрагивает только сперматогенез и качество семенного материала самцов рыб. | | |

Задание 2 [11 баллов] Возраст не помеха

Для рыболовства и рыбохозяйственной деятельности крайне важным условием является устойчивость экосистем, при которой можно проводить вылов без нарушения воспроизводства естественных популяций. Помимо естественных факторов изменения численности популяций на структуру экосистем может оказывать воздействие и радиоактивное загрязнение. В этом разделе вам предстоит провести анализ популяций пресноводных рыб Челябинской и Свердловской областей для выявления последствий Кыштымской аварии на озерные и речные экосистемы. Для этого вам понадобится **Рис. 1**, на котором буквами А-Ж отмечены некоторые озера и фрагмент реки Пышма (В).

Первым этапом анализа состояния экосистемы является оценка возрастной структуры популяции в её составе, в ходе которого определяется соотношение молоди и половозрелых особей. Классическими способами представления возрастной структуры популяции являются таблицы выживания и смертности. Первым делом в 2005 году исследователи зафиксировали когорту (группу особей одного возраста) рыб в каждом из озер Б, Е и Г. Каждый год проводился мониторинг численности особей, принадлежащих этой когорте (0 - начало когорты на стадии икры, 1-15 - возраст когорты в годах).

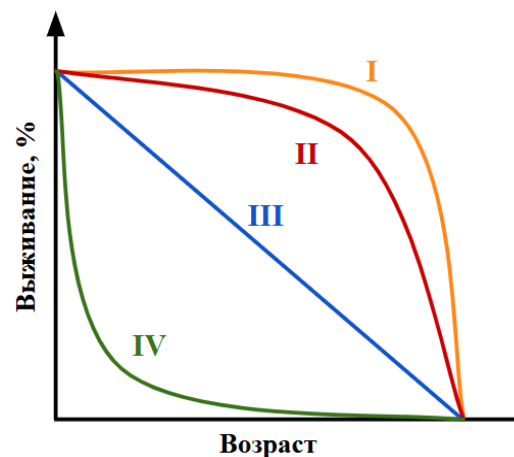
Для каждого года определялась выживаемость (l_x), равная отношению количества особей текущего возраста к исходному размеру когорты, фертильность (m_x) - количество потомков женского пола, родившихся за год от особей когорты и e_x - среднее ожидаемое количество лет, которое осталось прожить особи данного возраста. Полученные когортные таблицы для озер Б, Е и Г приведены в ПРИЛОЖЕНИИ 2.

С использованием данных из ПРИЛОЖЕНИЯ 2 ответьте на следующие вопросы:

2.1.1 [2 балла] В каком возрасте у изучаемой рыбы наступает половозрелость в норме?

2.1.2 [3 балла] Какой кривой выживания на рисунке справа (I-IV) соответствует жизненная стратегия изучаемой рыбы?

2.1.3 [6 баллов] Какая доля рыб девятилетнего возраста доживает до десятого года в озерах Б, Е, Г? Ответы округлите до сотых и внесите в таблицу в ЛИСТЕ ОТВЕТОВ.



Задание 3 [6 баллов] Без негатива

Для контроля влияния человеческой деятельности на естественные экосистемы необходимо понимать, как такие экосистемы отвечают на стресс. На рис. 2 показаны кривые зависимости скорости роста биомассы от биомассы экосистемы, где K указывает на емкость среды (максимальное количество биомассы, которое может существовать в экосистеме). На экосистему может влиять радиация, приводящая к отмиранию биомассы. Если скорость роста биомассы выше скорости отмирания, то биомасса будет расти. Если скорость роста биомассы ниже скорости отмирания, то биомасса будет падать. Разные скорости отмирания могут приводить к разной судьбе экосистемы. Динамики изменения биомассы и скорости роста показаны на рис. 2. Черная точка на каждом из графиков показывает стационарное (равновесное) состояние, белые круги - примеры того, из какой точки на кривой может начаться изменение в экосистеме, после этого ее движение по черной кривой описывается стрелками.

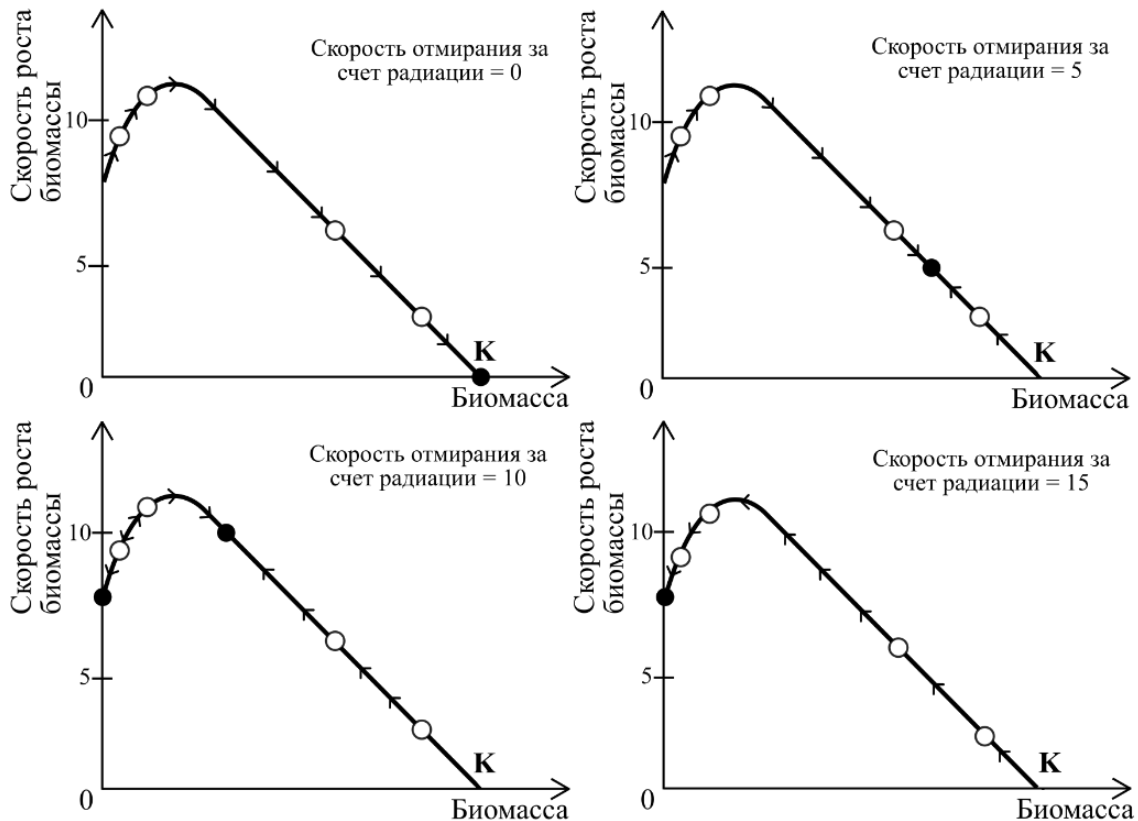


Рис. 2 Графики, описывающие поведение экосистемы при разных значениях отрицательного фактора, вызывающего отмирание биомассы.

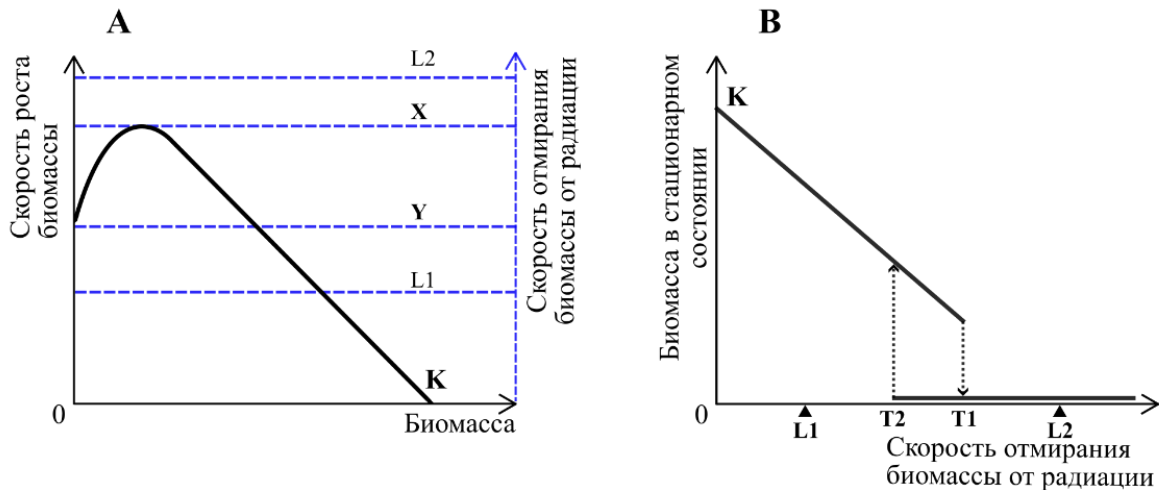


Рис. 3 Зависимость интенсивности жизнедеятельности организма от дозы фактора радиации.

На **Рис. 3** представлены графики, описывающие переход между состояниями экосистемы под влиянием некоторого негативного фактора.

На графике А (рис. 3) показана кривая зависимости скорости роста биомассы от биомассы экосистемы, где К указывает на емкость среды. Горизонтальными линиями (L1, Y, X, L2) обозначены различные скорости отмирания биомассы под влиянием разных значений негативного фактора.

На графике В показана зависимость изменения биомассы от значения силы негативного фактора. Точка Т1 соответствует силе негативного фактора, при которой происходит переход из исходного состояния в альтернативное устойчивое состояние (деградированное), точка Т2 соответствует обратному переходу. Обратите внимание, что Т2 меньше Т1, то есть для возврата экосистемы в исходное состояние недостаточно просто снизить значение негативного фактора до того, при котором она деградировала.

3.1 [3 балла] В **ЛИСТЕ ОТВЕТОВ** укажите, является каждое утверждение Верным или Неверным:

| № | Утверждение | Верно | Неверно |
|---|---|-------|---------|
| 1 | Т1 соответствует линии X на графике А. | | |
| 2 | Нулевая скорость роста биомассы в экосистеме свидетельствует о смерти этой экосистемы. | | |
| 3 | Величины Т1 и Т2 никак не зависят от формы кривой на первом графике, они отражают тип питания исследуемого организма. | | |

| | | | |
|---|---|--|--|
| 4 | Если состояние экосистемы соответствует правой половине графика А и ее биомасса неизменна (то есть скорость отмирания равна скорости роста) то при незначительном изменении скорости роста биомасса также изменится незначительно. | | |
| 5 | Если состояние экосистемы соответствует левой половине графика А (левее точки перегиба) и ее биомасса неизменна, то при незначительном снижении скорости отмирания биомассы под действием радиации биомасса начнет расти, до тех пор пока не достигнет значения, соответствующего точке перегиба кривой на графике А. | | |
| 6 | Для экосистемы, описываемой кривой на графике А, существует равновесное состояние с ненулевой биомассой, при котором скорость отмирания биомассы от радиации равна L_2 . | | |