



Вода и устойчивость среды

Теоретический Тур

7 декабря 2017 г.

Внимательно прочтите «Правила тестирования» и «Инструкцию экзаменуемого»



Radboud Universiteit



Hogeschool



van Arnhem en Nijmegen

slo

ПРАВИЛА ТЕСТИРОВАНИЯ

1. Вам НЕ разрешается проносить в экзаменационную аудиторию какие-либо личные вещи, за исключением лекарств или разрешенной индивидуальной медицинской принадлежности.
2. Вы должны сидеть за отведённым для Вас столом.
3. Проверьте наличие ручки, калькулятора и черновика, предоставленных вам организаторами.
4. НЕ начинайте отвечать на вопросы до сигнала «СТАРТ».
5. Вам НЕ разрешено покидать экзаменационную аудиторию во время тестирования, за исключением случаев возникновения опасности, при которых Вы сможете выйти из помещения в присутствии сопровождающего лица.
6. НЕ отвлекайте других участников. Если Вам потребуется помощь, поднимите руку и дождитесь дежурного.
7. НЕ допускается задавать вопросы по содержанию заданий теста. Вы должны оставаться на своём месте до окончания тура, даже если Вы закончили отвечать на все вопросы.
8. В конце отведённого на тур времени Вы услышите сигнал «СТОП». НЕ пишите ничего в Листах ответов после этого сигнала. Аккуратно разложите на столе задания, Листы ответов, письменные принадлежности. НЕ покидайте комнату, пока все Листы ответов не будут собраны.

ИНСТРУКЦИЯ ЭКЗАМЕНУЮЩЕГОСЯ

1. После сигнала «СТАРТ», у Вас будет три часа на выполнение заданий.
2. Используйте ТОЛЬКО выданные Вам организаторами ручку и карандаш.
3. Проверьте, что Ваше имя, код и страна указаны в Ваших Листах ответов, и подпишите каждую страницу Ваших Листов ответов. Поднимите руку, если Вам не были выданы Листы ответов.
4. Вам выданы 16 страниц Листов ответа – включая титульный Лист. Поднимите руку, если часть страниц отсутствует.
5. Внимательно прочитайте задания и впишите правильные ответы в соответствующие графы Листа ответов.
6. Оцениваются только Листы ответов. Прежде чем заполнять Лист ответа, воспользуйтесь черновиком.
7. Правила оценивания: перед каждым вопросом указана стоимость ответа в баллах.
8. Общее число вопросов - 27. Проверьте наличие всех вопросов (13 страниц, страницы 5 – 17) после того, как сигнал “СТАРТ” дан. Поднимите руку, если часть страниц отсутствует.
9. Полезная информация (атомные массы, физические постоянные и некоторые формулы) представлена на странице 4.

ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Первые 20 элементов Периодической таблицы Менделеева и их атомные веса							
H 1.008							He 4.00 3
Li 6.941	Be 9.01 2	B 10.8 1	C 12.0 1	N 14.0 1	O 16.0 0	F 19.0 0	Ne 20.1 8
Na 22.99	Mg 24.3 1	Al 26.9 8	Si 28.0 9	P 30.9 7	S 32.0 6	Cl 35.4 5	Ar 39.9 5
K 39.10	Ca 40.0 8						

Физические постоянные:

Ускорение свободного падения:

$$g = 9.81 \text{ м/с}^2$$

Универсальная газовая постоянная:

$$R = 8.3145 \text{ Дж/(моль·К)}$$

Некоторые формулы:

Площадь круга:

$$A = \pi r^2$$

Длина окружности:

$$C = 2\pi r$$

Объём цилиндра:

$$V = Ah$$

Плотность:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Давление:

$$p = \frac{F}{S}$$

Количество теплоты:

$$Q = mc\Delta T$$

Мощность:

$$P = \frac{E}{t}$$

Потенциальная энергия в поле тяжести: $E_p = mgh$

Закон Ома:

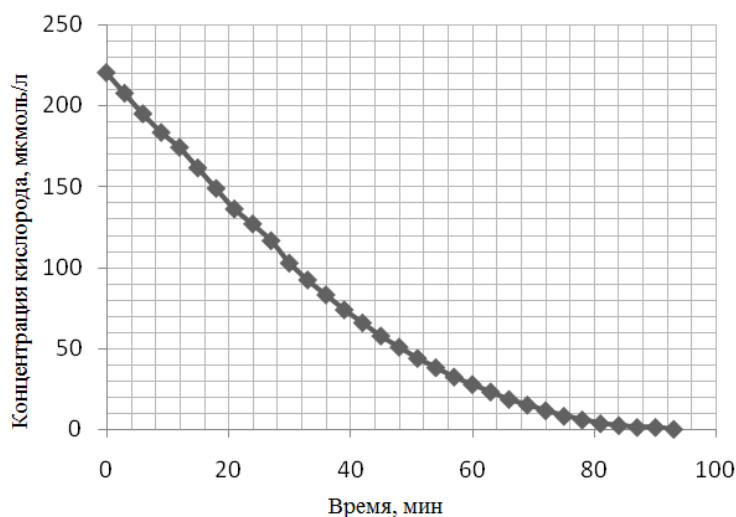
$$V = IR$$

Биология

Растения заливных лугов

Пойменная растительность по берегам крупных рек на территории Нидерландов регулярно подвергается затоплению. Растения, оказавшиеся ниже уровня воды, могут извлекать необходимый для аэробного дыхания кислород из окружающей их воды, но, поскольку скорость диффузии кислорода в воде в 10^4 меньше, чем в воздухе, они испытывают кислородное голодание.

Для оценки степени кислородного голодания был проведен эксперимент: растение в темноте помещали в закрытый аквариум, заполненный водой, и измеряли концентрацию кислорода в воде в течение какого-то времени, постоянно энергично встряхивая аквариум. Приведенный ниже график показывает постепенное уменьшение концентрации кислорода с течением времени. Этот график приведен и на Листе ответов.



1. **(1,2 балла)** Используя график, приведенный на Листе ответов, определите максимальную скорость аэробного дыхания у этого погруженного в воду растения (в мкмоль/мин), если объем воды в аквариуме равен 1,2 л. Укажите на графике, как вы получили ваш ответ. Запишите свой ответ с двумя значащими цифрами.

Если аналогичный эксперимент провести, поместив растение под яркую лампу, то концентрация кислорода в воде не будет изменяться. Это связано с подводным фотосинтезом.

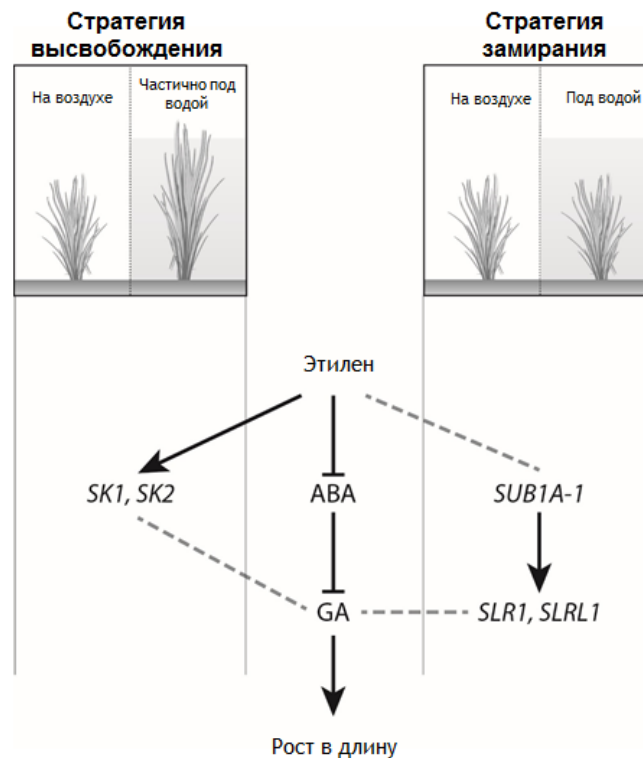
2. **(0,4 балла)** Какова скорость образования кислорода в результате подводного фотосинтеза, происходящего в этом растении?

Некоторые растения, например рис (*Oryza sativa*), могут быстро адаптироваться к подтоплению, изменяя скорость своего роста. На рисунке (на следующей странице) показаны две стратегии, используемые рисом при подтоплении: быстрый рост, до тех пор, пока часть растения не окажется над водой («Стратегия высвобождения»), и

остановка роста с сохранением энергии и кислорода до того времени, когда вода спадет («Стратегия замирания»). Этот же рисунок приведен на Листе ответов.

Рост растения регулируется такими гормонами, как гибберелловая кислота (GA), абсцизовая кислота (ABA) и этилен (см. рисунок). Этилен это газообразное вещество, диффузия которого плохо идет в воде, но очень хорошо в воздухе. Несколько генов вовлечено в регуляцию роста растений. Это гены *SK1* и *SK2*, *SUB1A-1*, *SLR1* и *SLRL1*. Если ген *SLR1* избыточно проявляется при нормальных условиях, это приводит к развитию карликового растения.

3. (1,2 балла) Дополните рисунок, иллюстрирующий механизмы двух стратегий выживания у риса, превратив пунктирные линии на рисунке в стрелочки (→), если воздействие стимулирующее, и пририсовав к ним перпендикулярную черту (—|), если воздействие тормозящее.



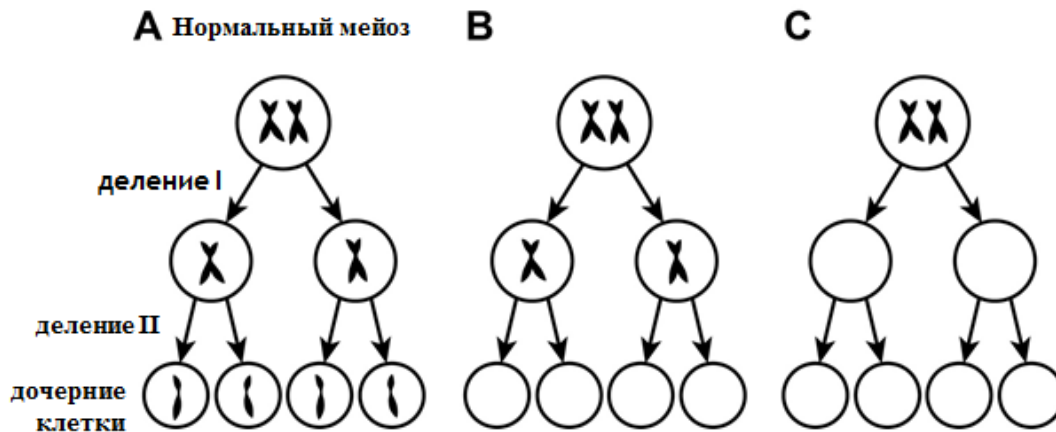
Устрицы

Плоские устрицы (*Ostrea edulis*) – типичные обитатели прибрежных вод Нидерландов. Устриц разводят для употребления в пищу, но естественные и искусственные популяции устриц страдают от инфекции, вызываемой протистой *Bonamia ostreae*. Одним из способов борьбы с болезнями устриц является разведение триплоидных особей, которые растут и созревают быстрее, а также более устойчивы к этой инфекции.

Триплоидные особи имеют три набора хромосом, вместо двух. Обычно их выводят в лаборатории, но возможно и их образование в природе в результате ошибок протекания мейоза: вместо гамет с одиночным набором хромосом, формируются гаметы с двойным

набором. После слияния таких гамет с нормальными гаметами образуется триплоидная особь.

В колонке А приведенного ниже рисунка показано нормальное протекание мейоза для одной пары хромосом. Существуют два разных пути, которые могут привести к возникновению триплоидной особи из-за неправильного протекания мейоза.



4. (1,2 балла) Дополните рисунки в колонках В и С, изобразив два разных пути появления ошибок в процессе мейоза. Нарисуйте в соответствующих кружках/клетках хромосомы или оставьте кружки пустыми. Первое деление мейоза в колонке В уже изображено.

Одна из болезней, поражающих голландских устриц, вызвана протистой *Bonamia ostreae*. *B. ostreae* поселяется внутри гемоцитов (клеток иммунной системы) устриц, вызывая гибель этих клеток, что приводит к смерти устрицы. *B. ostreae* может выживать, но не может размножаться вне устрицы.

5. (0,8 балла) Как можно охарактеризовать отношения между устрицей и *B. ostreae*? Выберите роли этих двух видов организмов в описанных отношениях из слов приведенных ниже
- | | |
|------------------|-------------|
| I. комменсал | IV. паразит |
| II. эндосимбионт | V. хищник |
| III. хозяин | VI. жертва |

Фермеры, разводящие устриц, обеспокоенные распространением болезни, вызываемой *B. ostreae*, на территории их ферм, хотели бы знать, насколько увеличится «урожайность», если они перейдут на выращивание триплоидных особей. Чтобы выяснить это, они создали модель взаимодействия между *Ostrea edulis* и *B. ostreae* в их районе побережья, свободно сообщаящимся с морем.

Изменение численности популяции устриц в день рассчитывается по формуле:

$$\frac{dN_o}{dt} = aN_o - bN_o - cN_oN_b$$

Изменение численности популяции *B. ostreae* в день рассчитывается по формуле:

$$\frac{dN_b}{dt} = pN_oN_b - qN_b$$

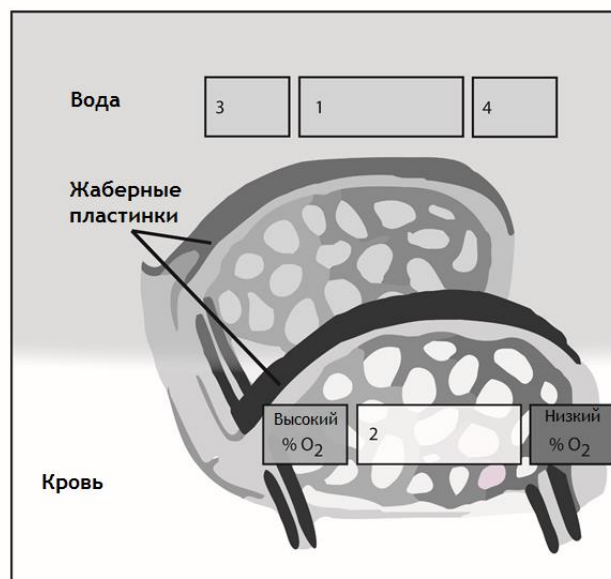
Здесь N_0 – число устриц *O. edulis*, N_B – число *B. ostreae* и t – время в днях. Буквы a , b , c , p и q – это параметры с единицей «в день» (день⁻¹).

6. **(0,8 балла)** Что означают параметры p и q ? Выберите из приведенных вариантов:
- | | |
|--|---|
| I. Рождаемость устриц <i>O. edulis</i> | IV. Рождаемость протист <i>B. ostreae</i> |
| II. Интенсивность иммиграции устриц <i>O. edulis</i> | V. Интенсивность иммиграции протист <i>B. ostreae</i> |
| III. Смертность устриц <i>O. edulis</i> | VI. Смертность протист <i>B. ostreae</i> |
7. **(1,2 балла)** Какие из параметров a , b и c будут отличаться для триплоидных устриц, по сравнению с диплоидными? Сделайте соответствующие выводы на основе предоставленной вам ранее информации. Заполните таблицу на Листе ответов, используя '+', если этот параметр больше у триплоидных устриц, '-', если параметр меньше, и 'o', если параметр не отличается или информации о нем не дано.

Осмоз в организме рыбы

Рыбы используют жабры для газообмена и ионного обмена со средой, то есть «дышат» жабрами. Чтобы сделать обмен более эффективным, в жабрах используется принцип противотока, и рыба активно прогоняет воду через жаберную систему. Эпителиальные клетки жаберной пластинки непосредственно взаимодействуют с окружающей водой.

8. **(1,2 балла)** На рисунке схематично изображена капиллярная сеть в жаберной пластинке рыбы. Отметьте на таком рисунке в Листе ответов:
- в **прямоугольнике с цифрой 1** направление тока воды в этом месте, нарисовав **горизонтальную стрелку**
 - в **прямоугольнике с цифрой 2** направление тока крови по капиллярам в этом месте, нарисовав **горизонтальную стрелку**
 - в **прямоугольниках 3 и 4** концентрацию O_2 в воде в этих местах, используя букву **H** для обозначения высокой концентрации кислорода, а **L** – для обозначения низкой концентрации кислорода.



9. **(0,8 балла)** Что будет происходить в организме пресноводной рыбы, **НЕ** способной контролировать всасывание и выделение воды? Дополните текст, выбрав слова, соответствующие цифрам I, II, III и IV. Отметьте галочками соответствующие квадратики на вашем Листе ответов.

Если пресноводная рыба живет в реке и не имеет возможности контролировать всасывание воды, ее клетки будут....(I).... Чтобы этого не случилось, пресноводная рыба, регулирует содержание воды в организме, поглощая ее(II)...., и производя(III).... количество очень(IV).... мочи.

Варианты для I, II, III и IV таковы:

- I 'раздуваться' или 'сжиматься'
- II 'в больших количествах' и 'в очень малых количествах'
- III 'большое' или 'небольшое'
- IV 'концентрированной' или 'разбавленной'

Анаммокс

Для борьбы с патогенными бактериями можно использовать антибиотик пенициллин. Клетки бактерий, чувствительных к этому антибиотику, содержат пептидогликан, синтез которого тормозится в присутствии пенициллина. Предполагалось, что анаэробная аммоний-окисляющая бактерия (Анаммокс) не содержит в своей стенке указанного пептидогликана. Однако, когда культуру этой бактерии вместе с культурой сопутствующей бактерии высеяли на среду, содержащую пенициллин, число живых анаммокс-бактерий со временем сократилось. Анаммокс бактерия зависит от сопутствующей бактерии, поскольку та снабжает ее рядом необходимых веществ.

Для объяснения этого явления были выдвинуты три гипотезы:

- I Анаммокс-бактерии все же имеют пептидогликан в своей клеточной стенке.
- II Пенициллин действует на другие бактерии в культуре.
- III В мембранах Анаммокс-бактерий присутствуют структуры, похожие на типичную мишень пенициллина, и пенициллин, связываясь с ними, блокирует их работу.

10. **(1,2 балла)** Для каждой из гипотез (I-III) выберите эксперимент (A-C), с помощью которого можно ее проверить, и результат, который подтвердит, что данная гипотеза **правильна**. Обведите кружком на Листе ответов одну букву и одну цифру для каждой из гипотез.

Эксперименты:

- A. Вырастить чистую культуру анаммокс-бактерий, снабдив ее всеми необходимыми веществами и добавить в среду пенициллин.

Результат 1: Рост культуры

Результат 2: Отсутствие роста культуры

В. Провести исследование клеточных стенок бактерии на пептидогликан

Результат 1: Клеточные стенки содержат пептидогликан

Результат 2: Клеточные стенки не содержат пептидогликана

С. Использовать флюоресцентный пенициллин и с помощью микроскопа посмотреть, будет ли он связываться с клеточными стенками анаэробных-бактерий

Результат 1: Флюоресцентный пенициллин связывается с клеточными стенками бактерий

Результат 2: Флюоресцентный пенициллин не связывается с клеточными стенками бактерий

Химия

Вода и борьба с *Legionella*

В марте 1999 более 200 человек заразились болезнью легионеров после посещения выставки цветов в деревне Бовенкарспел, Нидерланды. В организм пострадавших попали крошечные капельки воды, разбрасываемые фонтанами, которые были заражены бактериями *Legionella*. В результате вспышки заболевания более 30 человек умерли.

Бактерии *Legionella* часто встречаются в системе водоснабжения больших организаций. Активность бактерий *Legionella* выражают числом КОЕ (колониеобразующих единиц). Вода, содержащая менее 100 КОЕ/л, считается безопасной. Последствия вспышек заболевания вроде той, что случилась в Бовенкарспеле, заставляют уделять много внимания борьбе с *Legionella*. Здесь мы обсудим три возможных метода борьбы.

Нагрев

Водопроводную воду в течение некоторого времени греют при температуре выше 60 °С. Для выражения скорости гибели бактерий, используется величина десятикратного сокращения (величина D). Величина D – это время, за которое 90% бактериальной популяции погибает при заданной температуре. Скорость, с которой гибнут бактерии, носит экспоненциальный характер. Например, величина D для *Legionella* при 60 °С составляет 5 мин.

11. (1,2 балла) Рассчитайте минимальное время, в течение которого необходимо нагревать при 60 °С воду с содержанием бактерий 1 200 КОЕ/л, чтобы сделать ее безопасной для употребления. Ответ выразите в минутах и округлите до десятых.

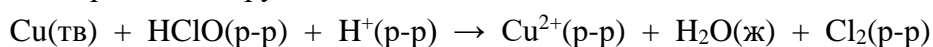
Хлорирование

В этом методе водопроводную воду обрабатывают хлорноватистой кислотой, HClO. Хлорноватистая кислота является слабой, $K_a = 4,0 \cdot 10^{-8}$. При хлорировании крайне важным фактором является pH воды, поскольку антибактериальное действие HClO выше, чем у ClO⁻. Поэтому pH должен быть таким, чтобы [HClO] > [ClO⁻].

12. (1,6 балла) Рассчитайте, при каком значении pH достигается условие [HClO] > [ClO⁻]. Укажите, является это значение pH максимальным или минимальным.

Недостатком метода хлорирования является возможность окисления материала водопроводных труб хлорноватистой кислотой.

Схема реакции между хлорноватистой кислотой и медью, из которой изготовлены водопроводные трубы, имеет вид:



Данная реакция является окислительно-восстановительной.

13. (1,2 балла) Приведите уравнения полуреакций и уравнение суммарного процесса.

Медь-серебряная ионизация

Относительно новым методом борьбы с *Legionella* является так называемая медь-серебряная ионизация. В этом процессе ионы меди (Cu^{2+}) и серебра (Ag^+) генерируются в системе водоснабжения при помощи электролиза. Ионы обоих видов образуются на одном и том же электроде.

14. (0,8 балла) В Листе ответов приведена схема электролитической ячейки.

На этой схеме обведите в кружок электрод, на котором происходит образование ионов меди и серебра.

Там же при помощи стрелок укажите направление, в котором в этой ячейке движутся электроны.

Внутри бактерии ионы серебра могут взаимодействовать с $\sim\text{S}-\text{H}$ группами белков. Одна из возможных реакций между ионами серебра и $\sim\text{S}-\text{H}$ группами приводит к образованию дисульфидных связей, $\sim\text{S}-\text{S}\sim$. Такая реакция вызывает денатурацию белков и гибель бактерии.

Схема реакции образования дисульфидных связей под действием Ag^+ :
 $\sim\text{S}-\text{H} + \text{Ag}^+ \rightarrow \sim\text{S}-\text{S}\sim + \text{Ag} + \text{H}^+$

15. (0,8 балла) Уравняйте приведенную схему реакции.

Ионы серебра могут реагировать с $\sim\text{S}-\text{H}$ группами одной и той же белковой цепи или с $\sim\text{S}-\text{H}$ группами, принадлежащих разным белковым цепям.

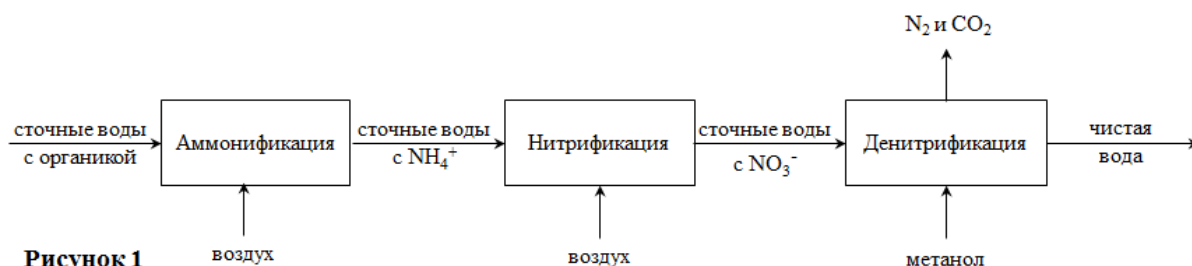
В белках различают первичную, вторичную, третичную и четвертичную структуры.

16. (0,4 балла) Какая из структур белка подвергается изменениям при реакции ионов серебра с $\sim\text{S}-\text{H}$ группами одной белковой цепи? Отметьте правильный вариант ответа в вашем Листе ответов.

Очистка сточной воды

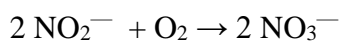
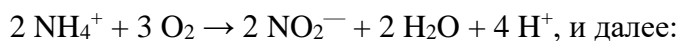
В последние десятилетия в результате развития сельского хозяйства, промышленности и других видов деятельности человека увеличился объем азотсодержащих соединений, попадающих в окружающую среду. Одним из результатов избыточного содержания азотсодержащих веществ является эвтрофикация поверхностных вод. Для ограничения азотного загрязнения, сточные воды должны быть дополнительно очищены перед сбросом.

На рисунке 1 показана схема традиционной очистки сточных вод.

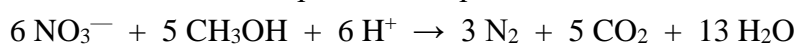


Аммонификация – это процесс окисления органических веществ. Азот, входящий в состав соединений, превращается в ион аммония (NH_4^+).

В ходе нитрификации нитрифицирующие бактерии превращают ион аммония через нитрит-ион (NO_2^-) в нитрат-ион (NO_3^-) в соответствии с приведенными ниже уравнениями реакций:



Денитрификация – это превращение нитрат-иона в безвредный газообразный азот (N_2). В качестве восстанавливающего агента при этом требуется метанол. Денитрификация также является бактериальным процессом, описываемым уравнением:



Аэрация (пропускание воздуха через воду) является наиболее энергозатратной операцией при очистке воды. В среднем, на продувку одного килограмма кислорода через сточную воду требуется 3 кВт·ч. Стоимость электроэнергии в Голландии составляет 0,19€ за кВт·ч.

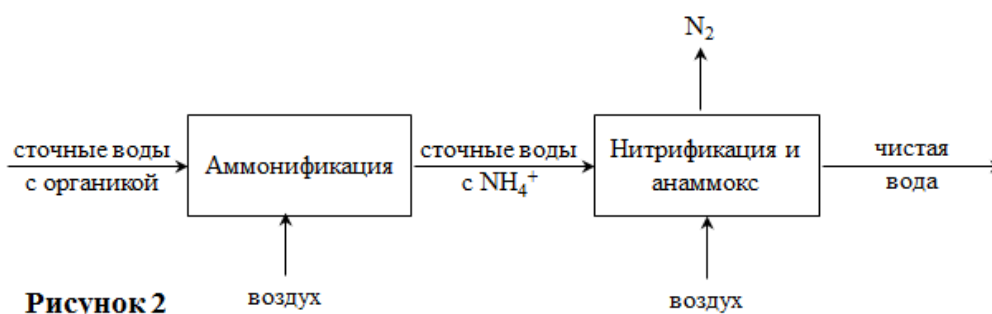
17. (1,2 балла) Рассчитайте годовую стоимость (в евро) процесса аэрации обычного нитрифицирующего реактора в Неймегене.

В Неймегене проживает 175 000 жителей, которые образуют – после аммонификации – 11,4 граммов (= 0,632 моль) ионов аммония в день в расчете на человека. Считайте, что в процессе нитрификации расходуется весь кислород.

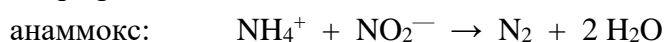
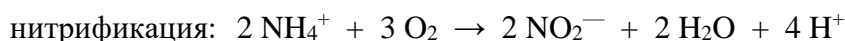
Проведение традиционной очистки сточной воды со временем будет становиться все более экономически невыгодным и противоречащим принципу возобновляемости ресурсов, поскольку требует большого количества энергии, является источником парниковых газов, а также характеризуется высокими операционными затратами.

Анаммокс-процесс – это новая система очистки сточных вод от азота. Этот процесс осуществляется анаэробными аммоний-окисляющими (анаммокс) бактериями, которые превращают ион аммония и нитрит-ион в газообразный азот. Анаммокс-бактерии работают в реакторе совместно с нитрифицирующими бактериями, осуществляющими окисление иона аммония в нитрит-ион. Анаммокс-процесс – инновационная и экологичная система, широко применяемая по всему миру.

На рисунке 2 приведена схема очистки сточных вод в ходе анаммокс-процесса.



Протекающие реакции:



По сравнению с традиционным процессом, потребление кислорода при очистке сточной воды при помощи анаммокс-процесса существенно ниже.

18. (1,6 балла) Рассчитайте уменьшение потребления кислорода (в %) на моль ионов аммония в случае анаммокс-процесса по сравнению с традиционным способом очистки. Ответ округлите до целого значения.

Все упоминаемые в этой задаче процессы являются частью общего природного цикла азота. Можно считать, что этот цикл начинается с фиксации молекулярного азота (N_2) в органическую материю. Часть этого цикла приведена на вашем Листе ответов. В этой схеме аммонификация и фиксация азота уже приведены и обозначены «Amf» и «Fix», соответственно.

19. (1,2 балла) Закончите схему цикла азота на вашем Листе ответов. Это цикл должен включать все процессы, упоминаемые в данной задаче.

- Добавьте и обозначьте все недостающие стрелки
- Поместите в нужных местах NO_2^- и NO_3^-
- Процессы должны быть обозначены следующим образом:

анаммокс как 'Amx'

денитрификация как 'Den'

нитрификация как 'Nit'

Физика

ВНИМАНИЕ!!! В Листе ответов необходимо приводить не только численный ответ, но и промежуточные вычисления, а также расчетную формулу с заданными величинами.

Энергия ветра

В ветряной турбине (рис. 1) кинетическая энергия ветра преобразуется в электрическую энергию. Кинетическая энергия воздуха, проходящего в секунду (мощность) через лопасти турбины, задается уравнением:

$$P = \frac{1}{2} A \rho v^3$$

где P – мощность ветра, проходящего через площадь A (в Вт), A – площадь, заметаемая лопастями турбины, ориентированная перпендикулярно к направлению ветра (в м^2), ρ – плотность воздуха (в $\text{кг}/\text{м}^3$), v – скорость ветра (в $\text{м}/\text{с}$).

Пусть в определенный момент времени скорость ветра $v = v_0$, а $P = P_0$.

20. **(0,4 балла)** Чему будет равна P , если скорость ветра достигнет $2v_0$? Выразите ответ через P_0 .

В ветряной турбине только часть кинетической энергии ветра преобразуется в кинетическую энергию ротора. Согласно теореме Бетца, максимальная эффективность такого преобразования 59%. Кроме того, происходят потери энергии при превращении кинетической энергии ротора в электрическую энергию. Эффективность такого преобразования составляет 70% для определенного типа ветряных турбин. Лопасти таких ветряных турбин заметают площадь диаметром 80 м, плотность воздуха $1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$, скорость ветра 36 км/ч.

21. **(1,6 балла)** Вычислите максимальную электрическую мощность (Вт), вырабатываемую таким типом турбин.

Голландское правительство планирует строительство искусственных водохранилищ в море (Рис. 2). Этот план известен как план Ливенса.



Рис. 2. Искусственное водохранилище

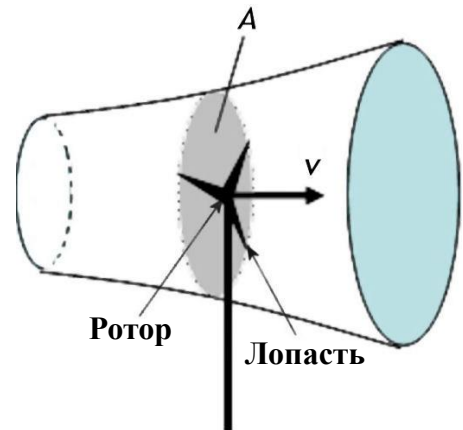


Рис. 1. Ветряная турбина

Уровень воды водохранилища, окруженного дамбой, значительно ниже уровня воды моря. Ветряные турбины установлены по периметру дамбы. При достаточно высоких скоростях ветра, эти ветряные турбины качают воду из искусственного водохранилища в море. С другой стороны, при низких скоростях ветра вода стекает из моря в водохранилище через гидротурбины, встроенные в дамбу, таким образом вырабатывая электроэнергию. Схема установки представлена на рис. 3.

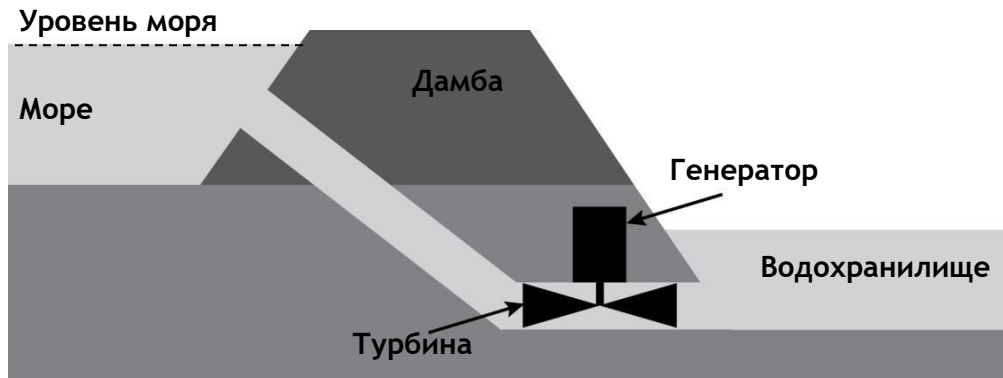


Рис. 3. Схема работы искусственного водохранилища

Уровень воды в водохранилище может быть ниже уровня воды в море на 32 м – 40 м. Для снижения уровня воды в водохранилище с самого высокого до самого низкого, ветряным турбинам необходимо перекачать воду массой $3,3 \cdot 10^{11}$ кг из водохранилища в море. Считайте, что стенки водохранилища вертикальны, а уровень воды в море остается постоянным.

22. (1,2 балла) Вычислите площадь водохранилища в м^2 . Плотность морской воды $1,03 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

По периметру дамбы установлено 75 ветряных турбин, каждая из которых в среднем вырабатывает электрическую мощность 5 МВт.

23. (2,0 балла) Сколько времени (в часах) потребуется для того, чтобы эти ветряные турбины понизили уровень воды в водохранилище от самого высокого до самого низкого.

Теперь есть смысл подумать о том, зачем нужна такая электростанция. Действительно, электрическая энергия, вырабатываемая ветряными турбинами, может быть передана непосредственно потребителю. Тем не менее, несмотря на этот довод, а также большую стоимость проекта электростанции на основе искусственного водохранилища, у него есть много сторонников.

24. (1,2 балла) Для каждого из утверждений, приведенных на Листе ответов, укажите можно («ДА») или нельзя («НЕТ») его использовать как аргумент в пользу строительства электростанции именно на основе искусственного водохранилища, а не электростанции на основе ветряной турбины, установленной в том же месте и передающую энергию непосредственно в электросеть. Вы теряете баллы за неправильные ответы, но можете оставить поле для ответа пустым (без потери баллов). Минимальный балл за этот вопрос 0.

Отводной канал реки Вааль

Вблизи города Неймегена река Вааль делает крутой поворот. При экстремально высоком уровне воды такое расположение действует как горлышко бутылки и затрудняет отвод воды. Для того, чтобы этого избежать был вырыт канал параллельный основной реке (рис. 1).

Для простоты, предположим, что канал представляет собой сток прямоугольного профиля сечения шириной W (в метрах) и глубиной D (в метрах) (рис. 2). В случае, когда глубина намного меньше ширины, поток воды Q (в $\text{м}^3/\text{с}$), протекающий в секунду через прямоугольный сток, можно вычислить по формуле

$$Q = \frac{A}{n} D^{2/3} S^{1/2} \quad (1)$$

где:

$A = W \times D$, площадь поперечного сечения потока воды (в м^2);

n – параметр, описывающий сопротивление потоку воды в канале;

S – уклон реки (в м/м).



Рис. 1. Схема реки Вааль и канала

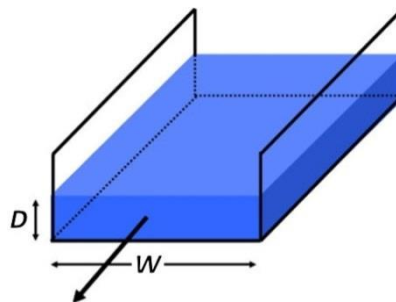


Рис. 2: Канал в разрезе

25. (0,8 балла) Используя формулу 1, определите в каких единицах измеряется параметр n .

В случае канала около Неймегена: $S = 0,50 \text{ м/км} = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ м/м}$, а $W = 200 \text{ м}$, Численное значение $n = 0,018$. Около Неймегена величина потока реки Вааль при максимальном уровне воды $Q_{\text{Вааль}} = 1,4 \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{с}$.

26. (1,2 балла) Вычислите минимальную глубину канала в метрах, необходимую для отвода 10% потока реки Вааль, если уровень воды в реке максимальный.

Шли годы. Дно канала обросло водорослями, и глубина D уменьшилась примерно на 1%, а сопротивление n возросло от 0,018 до 0,022. Теперь, когда уровень воды в реке Вааль находится на максимуме, канал больше не способен отводить 10% воды.

27. (1,6 балла) Вычислите, какой процент потока реки Вааль теперь способен отводить канал.