

Олимпиада школьников «Ломоносов» по ГЕОЛОГИИ

Заключительный этап (5-10 классы)

Задания с решениями и ответами

Задание 1. (20 баллов)

Содержание метана m (в кубических метрах на тонну угля) в угольном пласте увеличивается при возрастании глубины залегания h (в метрах, $h \in [150, 2000]$), по закону $m(h) = \frac{1}{3}\sqrt{8h}$, а содержание азота a (также в кубических метрах на тонну угля) уменьшается по закону $a(h) = \frac{9000}{h}$. На какой глубине уровень содержания метана равен уровню содержания азота?

Решение. По условию задачи следует решить уравнение $m(h) = a(h)$ относительно h , т.е. $\frac{1}{3}\sqrt{8h} = \frac{9000}{h}$. Поскольку правая часть данного уравнения убывает с ростом глубины h , а левая часть наоборот возрастает, то данное уравнение имеет единственный корень. Из уравнения следует $\sqrt{8h^3} = 27000 \Leftrightarrow \sqrt{2h} = 30 \Leftrightarrow h = 450$.

Ответ: 450 (м).

Задание 2. (15 баллов)

Группа геологов пересекает на моторной лодке порожистую реку с быстрым течением. Рельеф дна допускает безопасное движение только по прямой перпендикулярно берегам. Расстояние между берегами $L = 120$ м лодка проходит за $t = 40$ с. Скорость течения по всей ширине реки одинакова, направлена параллельно берегам и равна по модулю $v_T = 4$ м/с. Чему равна скорость лодки $v_{\text{отн}}$ относительно воды?

Решение.

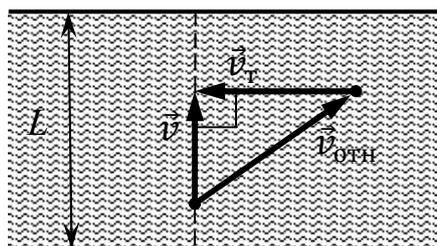
В системе отсчёта, связанной с берегами реки, скорость лодки перпендикулярна берегам и равна по модулю $v = L/t = 3$ м/с. По закону сложения скоростей

$$\vec{v} = \vec{v}_{\text{отн}} + \vec{v}_T.$$

По условию $\vec{v}_T \perp \vec{v}$ (см. рисунок). Поэтому

$$v_{\text{отн}} = \sqrt{v^2 + v_T^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} \text{ м/с} = 5 \text{ м/с}.$$

Ответ: $v_{\text{отн}} = 5$ м/с.



Задание 3. (20 баллов)

Вертикальный разрез подземного резервуара, наполненного водой, имеет форму равнобокой трапеции с нижним основанием 10 и верхним основанием 20 м. Изначально резервуар был полностью наполнен водой, но ежегодно уровень воды понижается на 4 м, таким образом за один пятый год наблюдений объем содержащейся в резервуаре воды уменьшился на 10% по отношению к предыдущему году. Чему равна глубина резервуара?

Решение. Пусть a, b – длина нижнего и верхнего соответственно оснований трапеции, h – высота, v – скорость понижения уровня воды в год. В начале года t высота трапеции равна $h - v(t-1)$, а верхнее основание равно $b - v \frac{b-a}{2h}(t-1)$, $t=1,2,\dots$, в конце того же года эти величины равны $h-vt$ и $b - v \frac{b-a}{2h}t$. Площадь трапеции в начале года t равна $\left(\frac{a+b}{2} - v \frac{b-a}{4h}\right)(h - v(t-1))$, площадь соответствующая убывшей воде, равна $\left(b - v \frac{b-a}{2h}\left(t - \frac{1}{2}\right)\right)v$, теперь искомая высота h находится из уравнения

$$\frac{\left(b - v \frac{b-a}{2h}\left(t - \frac{1}{2}\right)\right)v}{\left(\frac{a+b}{2} - v \frac{b-a}{4h}\right)(h - v(t-1))} = 0.1 \Leftrightarrow 10 \left(b - v \frac{b-a}{2h}\left(t - \frac{1}{2}\right)\right)v = \left(\frac{a+b}{2} - v \frac{b-a}{4h}\right)(h - v(t-1)).$$

Полагая по условию $a=10, b=20, t=5, v=4$ получим квадратное уравнение

$$15h^2 - 1050h + 520 = 0, h > 4. \text{ Решая квадратное уравнение, получим}$$

$$\text{Ответ: } 35 + \frac{\sqrt{10713}}{3} \text{ (м)}$$

Задание 4. (15 баллов)

Зимой в тайге воду для приготовления еды добывают очень просто: растапливают снег в котле над горящим костром. А если просто добавить снег в котёл с горячей водой?

Рассмотрим такую ситуацию. В котле находится $m_1 = 2$ кг воды с температурой $t_1 = 50$ °С. В котёл добавляют $m_2 = 4$ кг снега с температурой $t_2 = -30$ °С. Какая масса воды окажется в котле в результате установления теплового равновесия? Учитывать только теплообмен между водой и снегом, а теплообменом с другими предметами пренебречь. Удельная теплоёмкость воды $c_1 = 4200$ Дж/(кг·°С), удельную теплоёмкость снега принять равной $c_2 = 2100$ Дж/(кг·°С), удельную теплоту плавления снега принять равной $\lambda = 330$ кДж/кг.

Решение.

Остывая до $t_0 = 0$ °С, вода передаёт снегу количество теплоты

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_1 - t_0) = 4200 \cdot 2 \cdot (50 - 0) \text{ Дж} = 420 \text{ кДж.}$$

Нагреваясь до температуры плавления $t_0 = 0$ °С, снег получает количество теплоты

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_0 - t_2) = 2100 \cdot 4 \cdot (0 - (-30)) \text{ Дж} = 252 \text{ кДж.}$$

Чтобы весь снег при $t_0 = 0$ °С растаял, необходимо количество теплоты

$$Q_3 = m_2 \lambda = 4 \cdot 330 \text{ кДж} = 1320 \text{ кДж.}$$

Поскольку

$$Q_2 < Q_1 < Q_2 + Q_3,$$

растает только часть снега

$$m_3 = \frac{Q_1 - Q_2}{\lambda} = \frac{420 - 252}{330} \text{ кг} \approx 0,51 \text{ кг.}$$

Поэтому равновесие в системе «вода–снег» наступит при температуре $t_0 = 0$ °С, при этом масса воды в котле

$$m = m_1 + m_3 = m_1 + \frac{c_1 m_1 (t_1 - t_0) - c_2 m_2 (t_0 - t_2)}{\lambda} \approx (2 + 0,51) \text{ кг} = 2,51 \text{ кг.}$$

Ответ: $m \approx 2,51$ кг.

Задание 5. (15 баллов)

Какие опасные геологические процессы развиты по берегам рек? Предложите методы борьбы с ними.

Ответ:

Реки являются водными потоками, постоянно воздействующими на окружающую территорию. С их работой могут быть связаны такие опасные для человека и его хозяйственной деятельности явления:

- 1) Абразия (размыв) берегов, их разрушение боковой эрозией реки, активизация гравитационных процессов (оползней, обвалов), оврагообразование. Эти явления могут приводить к разрушению дорог, зданий, сооружений (мостов), а в некоторых случаях и гибели людей.
- 2) Повышение уровня воды в реке (паводки, наводнения и т.д.) и затопление территорий. Такие явления наносят ущерб сельскому хозяйству и другой хозяйственной деятельности человека. При катастрофических наводнениях возможна гибель людей, животных.
- 3) Карст – комплексный геологический процесс, на развитие и активизацию которого оказывают влияние реки. Карстообразование приводит к образованию подземных пустот, развитию суффозии, оседаний, обрушений и провалов грунта.

Для защиты от этих опасных явлений разрабатываются комплексные меры мониторинга, прогнозирования, защиты и укрепления берегов, регулирование уровня воды в реках и другие. Способы защиты можно отразить более подробно для каждого явления.

Задание 6. (15 баллов)

В результате каких геологических процессов могли образоваться такие причудливые формы?

Ответ обоснуйте.



Ответ:

На данной фотографии изображено обнажение горных пород в верхней части склона горы. Горные породы, слагающие обнажение, неоднородны, содержат большое количество обломков разного размера, а также пустот. Скорее всего они относятся к типу осадочных обломочных (конгломераты, гравелиты).

В результате тектонических движений осадочные породы оказались на поверхности Земли и стали подвергаться экзогенным разрушающим геологическим процессам, которые и привели к формированию таких форм.

Самым значимым процессом является процесс выветривания (физического, в меньшей степени химического и биологического). Интенсивный нагрев пород днём и охлаждение ночью, замерзание льда в трещинах, расклинивание корнями растений приводили к постоянному разрушению горных пород. А их неоднородность, разная прочность приводили к неравномерному разрушению, формированию ниш и козырьков, «башен» и «бастионов».

Поскольку местность горная, открытая, вторым важным фактором является ветер, который выдувал и обтачивал горные породы переносимыми частицами.

Итак, такие причудливые формы образовались преимущественно в результате процессов выветривания и геологической работы ветра. Полный ответ должен включать описание обоих этих геологических процессов и обоснование.

Критерии оценки решений

Критерии оценки	Баллы					
	Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4	Задание 5	Задание 6
Задание выполнено правильно: ответ верен, в работе есть полное обоснование полученного ответа (для заданий 1-4); в работе дан исчерпывающий ответ на поставленное геологическое задание (для заданий 5 и 6)	20	15	20	15	15	15
Задание выполнено с небольшими недочетами: - арифметическая ошибка на завершающем этапе при полностью правильном алгоритме решения, что повлекло за	10	10	10	10	10	10

<p>собой неверный ответ;</p> <p>- правильный ответ при недостаточно полном обосновании, как он получен;</p> <p>- недостаточно полное обоснование ответов на геологические задания.</p>						
<p>Задание выполнено с существенными недочетами:</p> <p>- решение было начато правильно, но не доведено до ответа из-за принципиальной ошибки в рассуждениях;</p> <p>- ответы на геологические задания даны крайне поверхностно и неполно.</p>	5	5	5	5	5	5
<p>Задание не выполнено:</p> <p>- решение с самого начала велось неверным путем;</p> <p>- отсутствие выполненного задания в работе.</p>	0	0	0	0	0	0

При правильном решении, но небрежном оформлении решений задания 1 или задания 3 жюри вправе снизить оценку на 5 баллов.