

4. Соленость воды в промилле (‰) – это масса (г) растворенных веществ в 1 кг морской воды. Средняя соленость Черного, Белого и Красного морей составляет 18, 28, 41 ‰ соответственно. Температура замерзания морской воды ( $T_z$ , °C) связана с соленостью ( $s$ , ‰) формулой Гелланд-Ганзена:

$$T_z = -0.003 - 0.0527s - 4 \cdot 10^{-5}s^2 - 4 \cdot 10^{-7}s^3$$

Зависимость солености Черного моря от глубины ( $h$ , м) до 300 м может быть выражена следующим образом:

$$s = 25.4 - 5.61\cos(1.76 \cdot 10^{-2}h) + 9.78 \cdot 10^{-2}h$$

- 1) Определите, из какого моря, вероятнее всего, был взят образец морской воды, имеющий температуру замерзания  $-1.5$  °C. Ответ подтвердите расчетами.
- 2) Рассчитайте, насколько изменится соленость воды Черного моря при погружении с 23 до 60 м. Объясните, почему наблюдается именно такая тенденция изменения солености с глубиной.
- 3) Что можно увидеть невооруженным глазом, если пресную воду медленно и аккуратно налить поверх соленой, предотвращая их смешивание? Объясните наблюдаемый эффект.

## № 4

### I вариант

- 1) Можно напрямую решить кубическое уравнение Гелланд-Ганзена и найти значение солености, однако для простоты решим перебором, подставив три значения 18, 28, 41 ‰, тогда получим  $-0.97$ ,  $-1.52$  и  $-2.26$  °C соответственно. Таким образом, образец морской воды, вероятнее всего, был взят из **Белого моря**.
- 2) Подставим в приведенную формулу  $s(h)$  два значения: 23 и 60 м, тогда получим 22.5 и 28.5 ‰ соответственно. Это означает, что соленость воды **увеличится на 6.0 ‰**. Тенденция увеличения солености морской воды с глубиной может быть объяснена **различной плотностью разных слоев морской воды**: чем ближе к поверхности, тем плотность и содержание растворенных веществ воды меньше.
- 3) Будет заметна видимая граница раздела двух прозрачных жидкостей из-за различия в плотностях пресной и соленой воды. Такой эффект наблюдается из-за **различных коэффициентов преломления** двух водных сред.

### Рекомендации к оцениванию:

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Определение моря (без расчетов – 0 баллов)  | 2 балла |
| 2. Расчет изменения солености (увеличение на 6.0 ‰) – 1 балл   | 2 балла |
| <b>Замечание: 1 балл выставляется также и в том случае, если в функцию косинуса подставляется величина в градусах, а не радианах</b> |         |
| Объяснение изменения солености с глубиной – 1 балл   |         |
| 3. Указание на границу раздела – 0.5 балла   | 1 балл  |
| Объяснение – 0.5 балла   |         |

**ИТОГО: 5 баллов**