

Задание 1. Анализ распределения температуры воды по вертикали в озерах Беларуси (до 25 баллов)

1. Изучите приведенную ниже справочную информацию касательно распределения температуры воды по вертикали в озерах Беларуси.

В озерах Беларуси наблюдаются отличия в распределении температуры воды по глубине в разные поры года, что обусловлено сезонными изменениями процессов теплообмена и особенностями перемешивания водной массы.

Изменение температуры водной массы озера происходит как следствие процессов поступления на поверхность воды солнечной радиации и теплообмена между воздухом и водной массой озера, которые имеют отчетливый годовой ход. Очевидно, что наибольшие изменения температуры воды в озере наблюдаются на его поверхности. В результате конвекции (вертикального перемешивания частиц воды в связи с их различной плотностью), а также в результате динамических явлений (волнения, течения) и теплопередачи тепло проникает в глубину водной массы, также приводя к изменению температур.

Следует отметить, что охлаждение либо нагревание нижних слоев воды в пресных озерах в результате конвекции возможно только в том случае, когда температура верхних слоев воды изменяется (понижается или повышается) в направлении к 4 °C (температура наибольшей плотности). При охлаждении (при температуре выше 4 °C) или нагревании (в пределах от 0 °C до 4 °C) верхних слоев воды их плотность увеличивается. Как следствие, происходит погружение данных слоев на глубину и их замещение менее плотными (более легкими) глубинными слоями воды. Таким образом, возникающее конвективное перемешивание воды обуславливается разной плотностью воды на различных глубинах и прекращается, когда вся вода в озере принимает однородную температуру, равную температуре, приближающейся к температуре наибольшей плотности. Такое состояние в озере называется гомотермией и характерно для переходных периодов термического режима – весны и осени. При охлаждении воды до температуры ниже 4 °C в результате динамических явлений и теплоотдачи ее поверхностные слои становятся легче нижележащих слоев (более теплых и плотных). Вследствие этого в зимний период температура поверхностного либо подледного слоя воды близка к 0 °C. С глубиной температура воды увеличивается и у дна в большинстве водоемов составляет около 1,5–4,0 °C (чем глубже озеро, тем ближе к 4 °C). Такое изменение температуры воды в озере с глубиной называется обратной термической стратификацией. Весной, после наступления гомотермии, при последующем накоплении тепла в процессе нагревания озера его верхние слои в результате динамических явлений и теплопередачи становятся более теплыми и легкими. С глубиной вода становится более холодной и плотной. Такое распределение температуры воды в озере по глубине называется прямой термической стратификацией.

В глубоких пресных озерах Беларуси летом, при прямой термической стратификации формируются три слоя воды. Сильно и равномерно нагретый верхний слой воды – эпилимнион – подстилается более холодным и глубинным слоем – гиполимнионом. Между эпилимнионом и гиполимнионом образуется слой температурного скачка – металимнион, для которого характерно понижение температуры с глубиной. Металимнион является как бы буферным слоем, выше которого происходит динамическое перемешивание водных масс озера, а ниже формируется более устойчивое состояние температуры воды, медленно изменяющейся с глубиной. Положение металимниона в озере, а также характерный для него вертикальный градиент температуры зависят от глубины динамического перемешивания, а также от температуры вод двух других слоев – эпилимниона и гиполимниона.

Для эпилимниона характерны наиболее благоприятные экологические условия (большое количество света, тепла, растворенного кислорода), которые способствуют развитию планктона и nekтона. В металимнионе, в результате достаточно резкого падения

температуры, меняется газовый режим и уменьшается количество водных микроорганизмов, что сокращает объем других групп живых организмов. В слое гипolimниона существенно сокращается количество освещения, что приводит к практически полному исчезновению количества растительных организмов. Здесь сокращается, нередко до нуля, содержание кислорода, присутствует и может накапливаться образующийся в результате разложения органики и губительный для всего живого сероводород.

2. На основе данных наблюдений за температурой воды в предложенных ниже озерах постройте графики распределения температуры воды в них по вертикали для периодов обратной термической стратификации, гомотермии и прямой термической стратификации.

Графики создайте на листе миллиметровой бумаги. В верхней части листа расположите три совмещенных графика (обратная термическая стратификация, гомотермия и прямая термическая стратификация) для первого озера, в нижней части листа – для второго.

Данные распределения температуры воды в оз. Белое

Глубина (м)	Температура воды (°C)		
	21.07.2015	11.01.2016	28.10.2016
Поверхность	21,0	0,3	6,1
2,0	20,4	0,8	6,1
4,0	20,0	1,1	н. д.
6,0	18,5	н. д.	6,1
8,0	15,1	1,3	н. д.
10,0	12,0	1,5	6,2
12,0	9,4	2,0	н. д.
14,0	8,6	2,4	6,3
16,0	7,4	н. д.	н. д.
18,0	7,0	2,8	6,3

Примечание: н.д. – нет данных

Данные распределения температуры воды в оз. Мядель

Глубина (м)	Температура воды (°C)		
	03.02.2015	20.11.2015	08.07.2016
Поверхность	0,6	4,8	21,3
2,0	1,0	4,8	21,0
4,0	1,2	н. д.	20,6
6,0	н. д.	5,0	20,2
8,0	1,6	н. д.	19,5
10,0	1,8	5,0	12,0
14,0	2,4	н. д.	9,6
18,0	3,4	5,0	7,8
22,0	н. д.	н. д.	6,0
23,0	3,8	5,0	5,8

3. На кривых прямой термической стратификации озер выделите слои эпилимниона, металимниона и гиполимниона.

4. В тексте-описании произведите сравнительный анализ графиков распределения температуры воды в предложенных озерах по вертикали для периодов обратной термической стратификации, гомотермии и прямой термической стратификации. Сопоставьте положение слоев эпилимниона, металимниона и гиполимниона в период прямой термической стратификации.

5. В тексте-описании сделайте сравнительное заключение по предложенным озерам об их экологической устойчивости к антропогенному загрязнению для принятия хозяйственных экологоориентированных решений. Свое заключение обоснуйте и подкрепите конкретными фактами.

Критерии оценивания.

Графическая часть:

- правильность нанесения линий распределения температуры воды по вертикали для периодов обратной термической стратификации, гомотермии и прямой термической стратификации для первого озера – **до 3 баллов**;
- правильность нанесения линий распределения температуры воды по вертикали для периодов обратной термической стратификации, гомотермии и прямой термической стратификации для второго озера – **до 3 баллов**;
- правильность выделения слоев эпилимниона, металимниона и гиполимниона – **до 3 баллов**;
- наличие общего названия графиков (либо отдельно названий графиков для первого и второго озер), осей X, Y с подписями единиц измерений – **до 3 баллов**;
- наличие легенды (либо надписей линий на графиках) – **до 1 балла**;
- удачное расположение графиков, адекватность размера – **до 1 балла**;
- аккуратность выполнения – **до 1 балла**.

Аналитическая часть:

- сравнительный анализ графиков распределения температуры воды в озерах по вертикали для периодов обратной термической стратификации, гомотермии и прямой термической стратификации; сопоставление положения слоев эпилимниона, металимниона и гиполимниона в период прямой термической стратификации – **до 6 баллов**;
- сравнительное заключение по предложенным озерам об их экологической устойчивости к антропогенному загрязнению для принятия хозяйственных экологоориентированных решений – **до 4 баллов**.

Задание 2. Анализ биохимического потребления кислорода и концентрации загрязняющих веществ в реках Беларуси (до 25 баллов)

1. Изучите приведенную ниже справочную информацию касательно биохимического потребления кислорода (БПК) и концентрации загрязняющих веществ в реках Беларуси.

Природными источниками органических веществ являются разрушающиеся останки организмов растительного и животного происхождения, как живших в воде, так и попавших в водоем с листьями, по воздуху, с берегов и т.п. Кроме природных, существуют также техногенные источники органических веществ. В естественных условиях находящиеся в воде органические вещества разрушаются бактериями, претерпевая аэробное биохимическое окисление с образованием двуокиси углерода. При этом на окисление потребляется растворенный в воде кислород (РК). В водоемах с большим содержанием органических веществ большая часть РК потребляется на биохимическое окисление, лишая таким образом кислорода другие организмы. При этом увеличивается количество организмов, более устойчивых к низкому содержанию РК, исчезают кислородолюбивые виды и появляются виды, терпимые к дефициту кислорода. БПК в речной воде выступает интегральным показателем загрязненности поверхностных вод и отражает количество растворенного кислорода, потребляемого организмами для аэробного разложения органических веществ, присутствующих в воде. В Беларуси показатель качества воды по БПК для поверхностных водных объектов, используемых для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных составляет не более 3 мг O_2 /л.

Аммонийный азот в водах находится, главным образом, в растворенном состоянии в виде ионов аммония и недиссоциированных молекул $NH_3 \cdot H_2O$, количественное соотношение которых имеет важное экологическое значение и определяется величиной pH и температурой воды. В то же время некоторая часть аммонийного азота может мигрировать в сорбированном состоянии на минеральных и органических взвешках, а также в виде различных комплексных соединений. Присутствие в незагрязненных поверхностных водах ионов аммония связано, главным образом, с процессами биохимического разложения белковых веществ, мочевины, дезаминирования аминокислот. Естественными источниками аммиака служат прижизненные выделения гидробионтов. Кроме того, ионы аммония могут образовываться в результате анаэробных процессов восстановления нитратов и нитритов. Источником антропогенного загрязнения водных объектов ионами аммония являются сточные воды многих отраслей промышленности, бытовые сточные воды, стоки с сельскохозяйственных угодий. Аммонийный азот является одним из основных речных загрязнителей. В больших концентрациях он отрицательно воздействует на человека и остальные виды живых организмов. Опасен аммонийный азот тем, что и его ион, и восстановленная форма (аммиак NH_3) способны вступать в реакцию с белками, вызывая их денатурацию. Например, такой белок как гемоглобин, в результате действия этого токсина теряет способность переносить кислород. Предельно допустимая концентрация (ПДК) в воде поверхностных водных объектов аммонийного азота в Республике Беларусь составляет 0,39 мг N/л.

Загрязнение вод биогенными веществами – это процесс чрезмерного накопления в водоемах питательных веществ, в первую очередь азота и фосфора, которые поступают в основном из неочищенных сточных вод, а также от смыва удобрений с сельскохозяйственных полей. Это приводит к чрезмерному росту водорослей (эвтрофикация), нарушению экологического баланса и снижению качества воды. Загрязнение вод биогенными веществами характеризуется значениями среднегодовых концентраций фосфатов и нитратов, которые сопоставляются с нормой ПДК, в Беларуси в воде поверхностных водных объектов ПДК фосфатов составляет 0,066 мг P/л, нитратов – 40,0 мг NO_3 /л

2. Рассмотрите представленные ниже статистические данные по среднегодовому БПК и концентрации загрязняющих веществ в речной воде двух водотоков Беларуси. Представьте эти количественные данные в графическом виде на листе миллиметровой бумаги.

р. Березина

Показатель	Единица измерения	Годы							
		2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
БПК	мг О ₂ /л	1,91	1,82	2,80	2,24	2,43	2,77	2,58	2,56
Аммонийный азот	мг N/л	0,82	0,86	0,50	0,29	0,32	0,34	0,31	0,25
Фосфаты	мг P/л	0,07	0,11	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08
Нитраты	мг NO ₃ /л	5,22	4,91	5,27	5,89	5,61	4,78	4,46	5,75

р. Припять

Показатель	Единица измерения	Годы							
		2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
БПК	мг О ₂ /л	2,94	2,46	2,60	2,41	2,53	2,69	2,69	2,57
Аммонийный азот	мг N/л	0,62	0,50	0,35	0,12	0,10	0,11	0,09	0,10
Фосфаты	мг P/л	0,07	0,07	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05
Нитраты	мг NO ₃ /л	11,47	1,77	2,53	3,45	2,78	2,85	2,70	2,67

3. В тексте-описании произведите сравнительный анализ динамики БПК и концентрации загрязняющих веществ в водотоках за рассматриваемый период. С учетом географических факторов дайте объяснение ходу среднегодовых показателей, причинам превышения ПДК.

4. В тексте-описании сделайте прогноз среднегодовых значений БПК и концентрации загрязняющих веществ в изучаемых водотоках на ближайшие 3-5 лет. Свой ответ обоснуйте.

Критерии оценивания.

Графическая часть:

- правильность нанесения линий (при выборе графика как формы отображения данных) БПК и концентрации загрязняющих веществ в речной воде двух водотоков Беларуси; возможен выбор иных форм отображения данных, например, столбчатая диаграмма – **до 8 баллов**;

- наличие общего названия графика (либо отдельно названий графиков для первого и второго водотока), осей X, Y с подписями единиц измерений – **до 3 баллов**;

- наличие легенды (либо надписей линий на графиках) – **до 1 балла**;

- удачное расположение графика (графиков), адекватность размера – **до 1 балла**;

- аккуратность выполнения – **до 1 балла**.

Аналитическая часть:

- сравнительный анализ динамики БПК и концентрации загрязняющих веществ в водотоках за рассматриваемый период; объяснение хода среднегодовых показателей, причин превышения ПДК – **до 7 баллов**;
- прогноз среднегодовых значений БПК и концентрации загрязняющих веществ в изучаемых водотоках на ближайшие 3-5 лет – **до 4 баллов**.

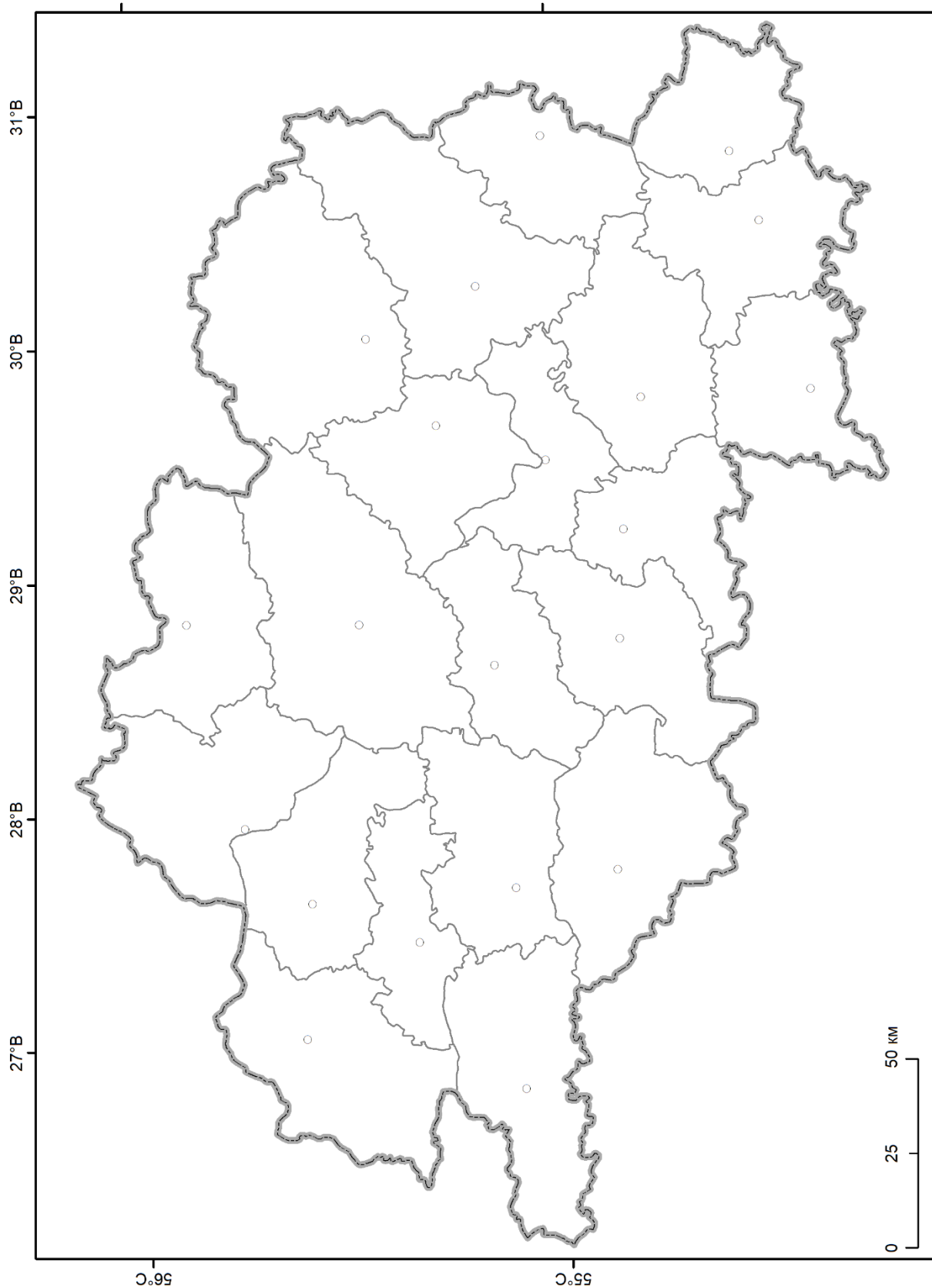
Задание 3. Анализ географических различий в уровне развития сфер торговли и общественного питания (до 30 баллов)

1. В предложенной ниже таблице рассчитайте показатели торговой площади магазинов и посадочных мест в объектах общественного питания в расчете на 10 тыс. жителей по административным единицам области.

2. На бланковке, представленной ниже, сформируйте карту, отображающую информацию о рассчитанных вами показателях. Для пространственной презентации данных используйте любые известные вам картографические способы. Не забудьте осуществить на карте подпись административных единиц.

Уровень развития сферы торговли и общественного питания в Витебской области, 2024 г.

№	Административно-территориальные единицы	Численность населения, чел.	Суммарная торговая площадь магазинов, м ²	Торговая площадь магазинов на 10 000 чел. населения, м ²	Общее количество посадочных мест в объектах общественного питания, шт.	Число посадочных мест в объектах общественного питания на 10 000 чел. населения, шт.
1	г. Витебск	358927	268118	7470	26704	744
2	г. Новополоцк	95370	67760	7105	7477	784
3	Бешенковичский р-н	13144	7850	5972	992	755
4	Браславский р-н	22764	12680	5570	2668	1172
5	Верхнедвинский р-н	18305	9330	5097	1585	866
6	Витебский р-н	33695	9546	2833	3770	1119
7	Глубокский р-н	32870	26710	8126	2689	818
8	Городокский р-н	19954	11819	5923	1668	836
9	Докшицкий р-н	20041	12973	6473	2607	1301
10	Дубровенский р-н	12986	9025	6950	1300	1001
11	Лепельский р-н	29856	20198	6765	4878	1634
12	Лиезненский р-н	14494	5758	3973	807	557
13	Миорский р-н	17075	10120	5927	1479	866
14	Оршанский р-н	139546	104604	7496	10438	748
15	Полоцкий р-н	98999	84020	8487	8138	822
16	Поставский р-н	31043	21510	6929	2393	771
17	Россонский р-н	8050	3438	4271	747	928
18	Сенненский р-н	18132	9945	5485	1365	753
19	Толочинский р-н	21292	15019	7054	1733	814
20	Ушачский р-н	11283	6135	5437	793	703
21	Чашникский р-н	25810	17917	6942	1851	717
22	Шарковщинский р-н	12653	7418	5863	1156	914
23	Шумилинский р-н	15774	8184	5188	943	598
Областной показатель		1072063	750077	6997	88181	823



3. В тексте-описании выявите группы лидирующих и отстающих административно-территориальных единиц по уровню развития сфер торговли и общественного питания, сравнив их со среднеобластными значениями. Охарактеризуйте полученные географические различия, указав возможные причины и факторы, которые их определяют.

4. В тексте-описании, на основе произведенного анализа, предложите стратегию развития сфер торговли и общественного питания изучаемой области на ближайшую перспективу. Свой ответ обоснуйте.

Критерии оценивания.

Расчеты и картографическая часть:

- правильный расчет статистических показателей в таблице – **до 4 баллов**;
- адекватный выбор способов картографирования для двух статистических показателей – **до 2 баллов**;
- полнота тематического содержания карты, отображающей два статистических показателя – **до 2 баллов**;
- полнота и адекватность формирования легенды карты – **до 2 баллов**;
- наличие правильно размещенных подписей административных единиц на карте – **до 3 баллов**;
- наличие названия карты – **до 1 балла**;
- аккуратность исполнения карты – **до 2 баллов**.

Аналитическая часть:

- выявление групп лидирующих и отстающих административно-территориальных единиц по уровню развития сфер торговли и общественного питания, сравнение их со среднеобластными значениями. Характеристика полученных географических различий, указание возможных причин и факторов, которые их определяют – **до 8 баллов**;
- стратегия развития сфер торговли и общественного питания изучаемой области на ближайшую перспективу – **до 6 баллов**.