

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ
Доктора географических наук, профессора ФГБОУ ВО «Российский
государственный гидрометеорологический университет»
Шилина Михаила Борисовича
на диссертационную работу Гребневой Елены Александровны
«ОЦЕНКА ВОДОРОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ pH КАК ИНДИКАТОРА
ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОСИСТЕМЫ ЧЁРНОГО МОРЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ
ФАКТОРОВ И БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»,
представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по
специальности 1.6.21 – Геоэкология

Диссертационная работа Гребневой Елены Александровны посвящена комплексному исследованию пространственно-временной изменчивости водородного показателя (pH) в Чёрном море и его оценке как индикатора изменений морской геосистемы под влиянием климатических факторов и биогеохимических процессов.

Актуальность темы не вызывает сомнений, поскольку изучение реакции карбонатной системы морей на изменяющиеся климатические условия является одним из приоритетных направлений современной океанологии. В Чёрном море, характеризующемся уникальной гидрологической структурой и чувствительностью к внешним воздействиям, понимание роли pH как индикатора трансформации геосистемы имеет ключевое значение для прогноза её состояния.

В процессе работы над диссертацией Е.А. Гребнева проявила себя как квалифицированный исследователь, способный самостоятельно формулировать цели и задачи, работать с большими массивами многолетних данных натуральных наблюдений и данными численного моделирования, а также применять современные методы статистического анализа для выявления скрытых закономерностей.

В результате выполненного исследования получены следующие ключевые научные результаты:

1. На основе данных наблюдений о pH за период с 1957–1996 гг. определены закономерности в пространственном распределении pH. В поверхностном слое значения pH варьируются в диапазоне 8.35–8.41 при среднем значении 8.38, демонстрируя снижение с глубиной до величин менее 8.0 на горизонте 150 метров. Наиболее низкие показатели pH наблюдались в центрах циклонических круговоротов, при этом пространственное распределение pH на всех глубинах в значительной степени определялось динамической структурой водных масс. Главной причиной сезонной вариации pH в подповерхностном слое в основном обусловлены сезонной изменчивостью геострофической циркуляции и связанной с ней скорости вертикальных движений.

Вертикальный профиль водородного показателя в глубоководной части Чёрного моря характеризуется наличием слабого сезонного подповерхностного максимума, связанного с процессами фотосинтеза, при этом амплитуда сезонных колебаний существенно уменьшалась ниже глубины 50 м.

Сезонная динамика водородного показателя в поверхностном слое моря, в открытой части моря хорошо описывается суперпозицией годовой и полугодовой гармоник с общим размахом колебаний 0.05 единиц. Максимальные значения регистрировались в марте и октябре, что соответствовало периодам весеннего и осеннего цветения фитопланктона, тогда как минимумы наблюдались в июле и декабре-январе.

2. Определена оценка вклада атмосферных процессов в формирование пространственно-временной изменчивости водородного показателя (pH) в поверхностном слое глубоководной части Чёрного моря. Установлено статистически значимое влияние Восточно-Атлантического колебания (ВАК) на формирование аномалий pH в глубоководной части Чёрного моря.

С применением методики разностного композита временного ряда по данным натуральных наблюдений за период 1957–1996 гг. для зимнего сезона показано, что в зимний сезон положительная фаза ВАК (ВАК+) вызывает снижение рН на 0.08 ед., тогда как отрицательная фаза (ВАК-) приводит к повышению рН на 0.09 ед. Межфазная разность при этом составляет 0.17 ед. рН.

Более детальный анализ, выполненный с использованием среднемесячных данных биогеохимического реанализа CMEMS BS-Biogeochemistry за 1992–2022 гг. и той же методики разностных композитов, позволил установить, что воздействие ВАК на рН носит выраженный сезонный характер:

- В холодный период (с ноября по март) отрицательная фаза ВАК (ВАК-) вызывает практически синхронное повышение рН в диапазоне от 0.012 до 0.028. Максимальная аномалия величиной 0.028 наблюдается в феврале в ответ на январский сигнал ВАК-.

- В тёплый сезон положительная фаза ВАК (ВАК+) приводит к понижению рН, которое проявляется с запаздыванием в 3–6 месяцев. Величина отрицательных аномалий варьирует от -0.01 до -0.032. Наиболее низкие значения рН фиксируются в декабре как отклик на летние положительные фазы ВАК: -0.022 для сигнала июня и -0.032 для сигнала июля.

- Статистически значимого отклика рН на положительную фазу ВАК в холодный период и на отрицательную фазу ВАК в тёплый период не обнаружено.

Наблюдаемые закономерности в изменении рН обусловлены вариациями региональных гидрометеорологических характеристик, модулируемых фазами ВАК, и сопутствующей перестройкой биогеохимических процессов в поверхностных водах.

3. На основе интеграции многолетних данных натуральных наблюдений (1957–2022 гг.) и результатов численного моделирования, а также с использованием методов интерполяции, получена достоверная оценка скорости снижения рН в поверхностных водах глубоководной части Чёрного моря. Результаты показывают, что за период с 1957 по 2022 год рН снижался со средней скоростью 0.024 единицы за десятилетие.

4. Определены климатические характеристики рН в северо-западной части Чёрного моря, акватории приустьевого взморья р. Дунай: В поверхностных водах исследуемого района диапазон климатических значений среднегодовых величин рН изменяется в пределах 8.42–8.47 при среднем по полю 8.46 ед. рН. Максимальные величины 8.45–8.47 ед. рН сосредоточены в районе трансформации и перемешивания речных и морских вод. Вблизи дельты р. Дунай, в области превалирования речных вод, наблюдаются более низкие величины 8.42–8.44 ед. рН. Сезонная динамика величины рН на поверхности характеризуется летним максимумом 8.45–8.50 рН и в значительной степени определяется сезонным циклом в развитии биопродукционных процессов, зависящих от температурных условий и вертикальной стратификации, на которые существенным образом влияет объем стока речных вод. Корреляционная функция, характеризующая влияние расходов р. Дунай на величину рН, достигает максимума при временном сдвиге (запаздывании рН) на два месяца. В придонном слое приустьевого взморья Дуная процесса фотосинтеза практически нет, там происходит активный процесс деструкции (разрушения). Сезонная динамика в придонном слое характеризуется летним минимумом 8.24 рН.

4. Разработанная прогностическая модель изменения рН, учитывающая региональные особенности северо-восточной части Черного моря, позволяет более точно прогнозировать последствия подкисления по сравнению с глобальными моделями. По результатам декомпозиции временного ряда рН определены устойчивые сезонные колебания водородного показателя со средней амплитудой 0,065 единиц рН. Обнаружены значимые циклические компоненты с характерными периодами, варьирующимися от краткосрочных около 8 месяцев до свыше 2 лет. Установлен статистически значимый

