

ОЦЕНКА ПРИРОДНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ОТКРЫТОЙ АКВАТОРИИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Скребец Г.Н.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина,
E-mail: skrebets@yandex.ru*

Выполнены расчеты и составлены карты энтропии пространственной изменчивости природных условий и биомассы фитопланктона в открытой акватории Черного моря. Дана оценка природного разнообразия акватории и на этой основе проведено ее районирование.

Ключевые слова: энтропия, природное разнообразие, биологическое разнообразие, районирование.

Не вызывает сомнения, что, один из эффективных способов *комплексной* оценки природного разнообразия – это анализ пространственного размещения ландшафтов, поскольку они являются наиболее полными по компонентной структуре образованиями. Имеются и хорошо зарекомендовавшие себя для количественной оценки разнообразия приемы теории информации [1-3]. Однако при исследовании морских акваторий применение такого подхода невозможно из-за отсутствия самих карт морских ландшафтов. Кроме того, большинство морских карт отображают количественные показатели состояния вод с помощью изолиний в виде единых полей без подразделения акватории на отдельные части, что требует адаптации этих методических приемов к такому характеру пространственного размещения. Попытка решения этой проблемы уже предпринята нами при исследовании северо-западной части Черного моря [4]. **Цель** этой статьи – оценить природное разнообразие *открытой акватории Черного моря*. Основная задача состоит в проведении анализа неоднородности распределения биотических и абиотических характеристик вод и проведении на этой основе районирования.

Исследования организованы по методике детально изложенной при проведении аналогичных работ по акватории северо-западной части Черного моря [4]. Для оценки природного разнообразия сделана выборка с карт отображающих различные характеристики вод на поверхности Черного моря в летний период: температуры, солености, растворенного кислорода, фосфатов и биомассы фитопланктона [5].

Карты разбивались по градусной сетке на одноградусные трапеции и в каждой трапеции, с помощью точечной палетки, определялись площади выделов образованных изолиниями. Точки в палетке размещались через 10' по долготе и 15' по широте. Таким образом в трапециях поместилось по 24 точки (рис. 1).

По полученным данным в каждой трапеции вычислены значения энтропии:

$$E(A) = E(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n) = \sum \omega_i \log_2 \omega_i, \quad (1)$$

Затем, как и в случае с акваторией Северо-Западной части Черного моря, для возможности сопоставления энтропии различных океанологических полей, абсолютная энтропия ($E(A)$), заменена относительной ($E(A)r$):

$$E(A)_{\max} = \sum 1/n \log_2 1/n = \log_2 n \quad (2)$$

$$E(A)r = E(A) / E(A)_{\max} \quad (3)$$

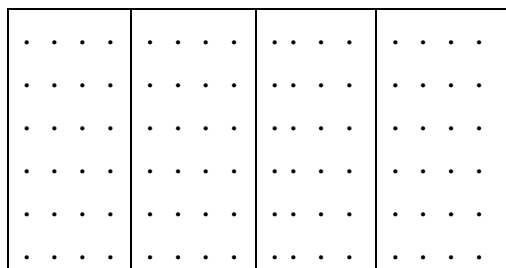


Рис. 1. Точечная палетка для определения площади контура.

На основе расчетных данных построены карты отображающие неоднородность распределения природных условий и биомассы фитопланктона в исследуемой акватории. Для отображения энтропии использована шкала, принятая в корреляционном анализе, а для оценки природного разнообразия и выполненного на этой основе районирования акватории – более обобщенная:

- менее 0,4 – низкое разнообразие;
- 0,4 – 0,7 – среднее разнообразие;
- более 0,7 – высокое разнообразие.

Оценка пространственной изменчивости природных условий и биомассы фитопланктона в открытой акватории Черного моря

По часто встречающимся значениям энтропии 0,1 – 0,3 – 0,5 можно отметить, что для распределения *температуры* воды на большей части акватории Черного моря характерна относительная однородность (рис. 2). Исключение составляют лишь небольшие участки в восточной части моря и у крымского побережья, где в «ядрах» значения составляют 0,6 – 0,7 и более.

Аналогичная картина наблюдается и в распределении *солености* (рис. 3). На большей части акватории ее поле еще более однородно, чем поле температуры. Значения энтропии колеблются в пределах 0,1 – 0,2, местами понижаясь практически до нуля. Но наряду с этим, выделяется три района с большим разнообразием. Значительный по площади район располагается в северной и центральной части Черного моря со значениями энтропии 0,3 – 0,5. Несколько меньший – в восточной части, где максимальные показатели энтропии у турецкого побережья увеличиваются до 0,6 – 0,7, а вблизи Туапсе даже более. Их образование, по-видимому, можно объяснить распределяющим влиянием материкового стока,

обусловливающего повышенные горизонтальные градиенты. Еще один участок с неоднородным распределением солености выделяется вблизи пролива Босфор, но размеры его невелики, а энтропия не превышает 0,4. В отличие от первых двух, его существование связано с осолонением черноморских вод, поступающими через пролив средиземноморскими водами.

Разделение черноморских вод на два слоя – кислородный поверхностный и сероводородный глубинный препятствует вертикальному перемещению *кислорода* на глубину. Но в поверхностном 150-метровом слое его содержание повсеместно высоко и даже близко к состоянию насыщения. В связи с этим, распределение кислорода также не отличается разнообразием (рис. 4). На большей части акватории показатели энтропии, как правило, не превышают 0,2, нередко понижаясь до нуля. Наиболее высокие горизонтальные градиенты наблюдаются на трех участках в западной части моря. Самый крупный, с показателями до 0,6, занимает пограничную область между открытой акваторией и шельфовой СЗЧМ. Такой же величины участок располагается почти напротив в южной части моря и значительно меньший – примыкает к румынскому и болгарскому побережью. Такие же повышенные значения энтропии можно наблюдать и в восточной части моря.

Хотя вся акватория моря достаточно хорошо обеспечена *фосфатами*, характер их распределения мозаичный (рис.5). Повсеместно чередуются участки с низкой и повышенной энтропией. В целом, более половины акватории имеет значения более 0,3 и ряд участков с высокими показателями – 0,6 – 0,7 и даже более.

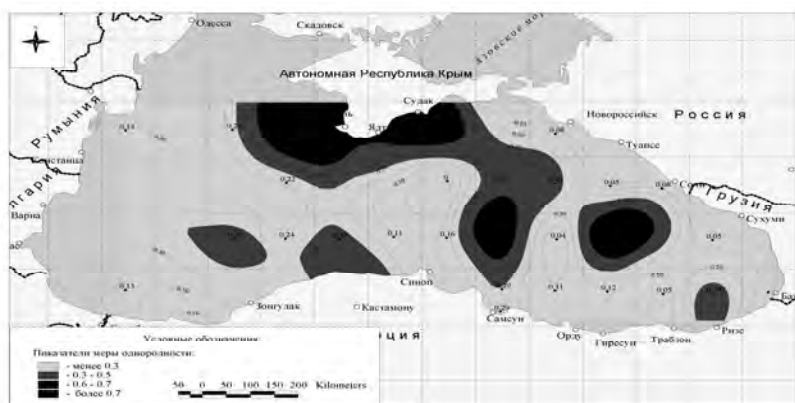


Рис. 2. Энтропия распределения температуры воды.

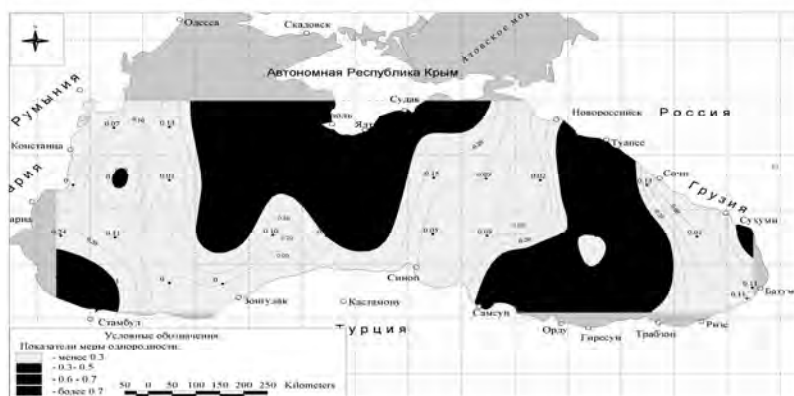


Рис. 3. Энтропия распределения солености

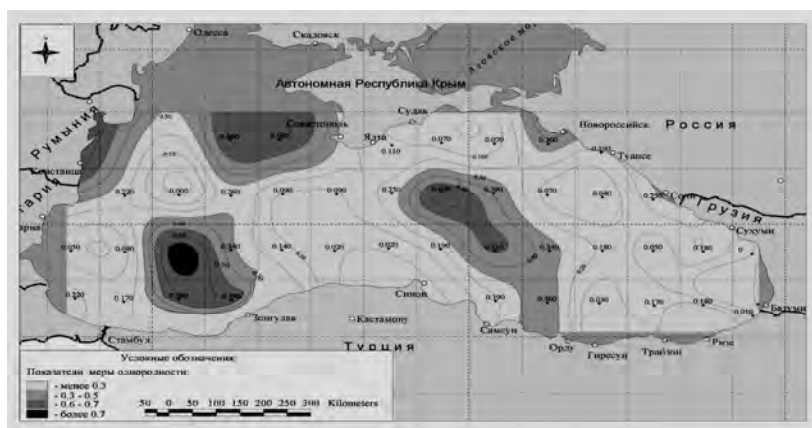


Рис. 4. Энтропия распределения растворенного кислорода.

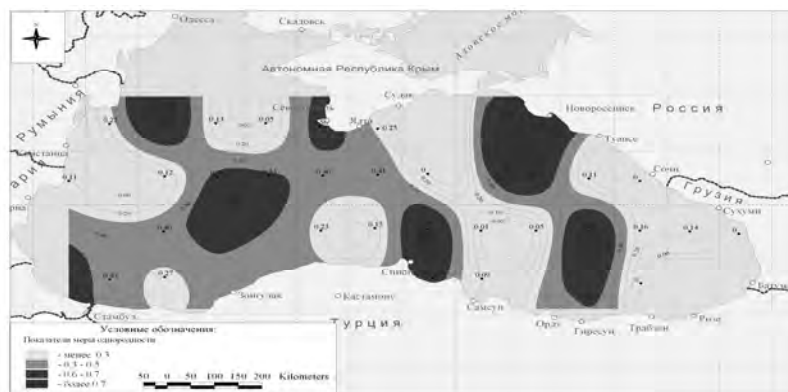


Рис. 5. Энтропия распределения фосфатов.

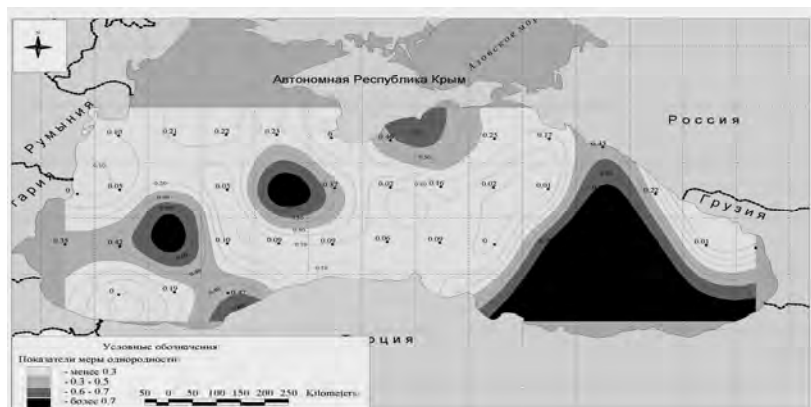


Рис. 6. Энтропия распределения биомассы фитопланктона.

Анализируя карту энтропии пространственного распределения **биомассы фитопланктона**, можно оценить начальное звено всего биопродукционного процесса и через него составить общее представление о биологическом разнообразии акватории. На рис. 6 выделяется четыре участка повышенных значений энтропии. Наибольший по площади занимает восточную и юго-восточную часть моря. Остальные три располагаются практически на оси, простирающейся с юго-запада на северо-восток, в том числе и в центре западного циклонического круговорота. Значения энтропии в них колеблются от 0,4 на периферии до 0,6 – 0,7 и более в «ядрах». Но все же, основная часть акватории не отличается количественным биоразнообразием.

Районирование открытой акватории Черного моря по природному разнообразию

Сопоставление карт энтропии между собой позволяет выделить в исследуемой акватории участки с различным характером и показателями природного разнообразия (рис. 7). Принимая во внимание ведущую роль биоты в организации геосистем, их выделение произведено с учетом неоднородности распределения биомассы фитопланктона и ее соответствия разнообразию природных условий. Результаты анализа представлены в таблице.

Как следует из таблицы, в большинстве случаев в районах наблюдаются корреляции между биомассой фитопланктона и абиотическими условиями среды, что свидетельствует о пространственной неоднородности природы в целом.

По степени разнообразия в поверхностном слое открытой части Черного моря выделяются четыре района со средним и высоким природным разнообразием и столько же районов – с низким.

1. Западный район.

В целом район характеризуется средними показателями природного разнообразия, но распределены они неравномерно, колеблясь от 0,3 по периферии до 0,6 – 0,7 и более в центре. Судя по биомассе фитопланктона не превышающей 100 мг/м³, это одна из акваторий Черного моря с низкой биопродуктивностью. Соответствие распределения фитопланктона условиям среды невысокое.

2. Район центральной части Западного круговорота.

Большая часть района отличается высоким природным разнообразием и только к периферии значения опускаются до 0,4. Продуктивность здесь несколько выше, чем в предыдущем и составляет около 150 мг/м³. Наблюдается высокое соответствие с распределением фосфатов. С другими физико-химическими характеристиками корреляции низкие, что вероятно связано с восходящим движением вод в циклоническом круговороте.

3. Северный Прикрымский.

Также выделяется высокими и средними показателями природного разнообразия. Это один из продуктивных районов открытой части моря. Биомасса фитопланктона составляет 200 мг/м³ и более. Вместе с тем, соответствие с распределением биогенов отсутствует, но имеется связь с термохалинными характеристиками.

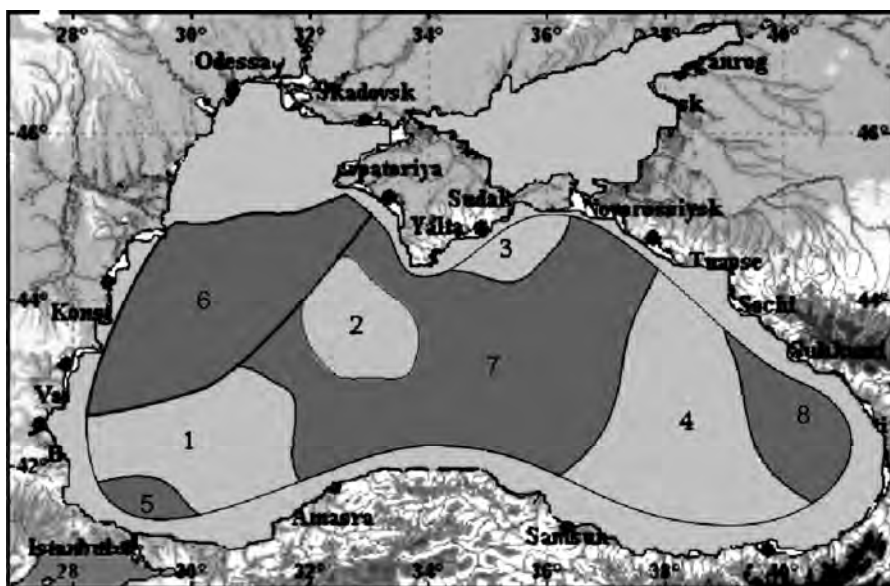


Рис. 7. Районирование открытой акватории Черного моря по природному разнообразию.

Обозначения:

Районы со средним и высоким природным разнообразием:

- 1 – Западный район;
- 2 – Район центральной части западного круговорота;
- 3 – Северный Прикрымский район;
- 4 – Восточный район.

Районы с низким природным разнообразием:

- 5 – Прибосфорский район;
- 6 – Северо-западный пришельфовый район;
- 7 – Центральный район
- 8 – Прикавказский район

4. Восточный район.

Этот район имеет самые высокие показатели энтропии распределения биомассы фитопланктона, а также абиотических характеристик, кроме растворенного кислорода. Это достаточно продуктивная для открытого моря акватория. Биомасса фитопланктона составляет здесь 100 – 150 мг/м³, коррелируя с фосфатами и термохалинными характеристиками.

5. Прибосфорский район.

Один из районов с низким природным разнообразием по всем рассматриваемым характеристикам. Значения энтропии составляют здесь 0 – 0,2 и только фосфаты достигают 0,4. Причем, низкие показатели характерны не только для пространственной изменчивости, но и для самих концентраций.

Таблица 1

Соответствие между биоразнообразием и разнообразием характеристик среды

№ района	Биомасса фитопланктона	Температура	Соленость	Растворенный кислород	Фосфор
1	С, В	Н «-»	Н «-»	Н, С, В «+,-»	С «+,-»
2	С, В	Н «-»	Н, С «+,-»	Н «-»	С, В «+»
3	С, В	С, В «+»	С «+,-»	Н «-»	Н «-»
4	С, В	Н, С, В «+,-»	С, В «+»	Н «-»	Н,С,В «+,-»
5	Н	Н «+»	Н «+»	Н «+»	Н «+»
6	Н	Н, С «+,-»	Н, С «+,-»	Н, С «+,-»	Н, С, В «-»
7	Н	Н, С «+,-»	Н «+»	Н, С «+,-»	Н, С, В «+,-»
8	Н	Н «+»	Н «+»	Н «+»	Н «+»

Обозначения: Н, С, В – степень разнообразия: низкое, среднее, высокое.
Соответствие: «+» – хорошее; «+,-» – частичное; «-» – практически отсутствует.

6. Северо-западный пришельфовый район.

Низкое природное разнообразие определяется однородностью распределения биомассы фитопланктона, причем на фоне ее высоких абсолютных показателей. Что же касается природных условий, то характер их распределения по акватории района различен. Так, в распределении фосфатов наибольшая неоднородность прослеживается в северной срединной части района (более 0,6), тогда как распределение остальных характеристик наиболее неоднородно в северо-восточной части, ближе к крымскому побережью. Такая мозаичность природных условий с

одной стороны и повсеместно высокая биомасса с другой, по-видимому, обусловлена зоной контакта шельфовых вод с водами открытого моря.

7. Центральный район.

Самый большой по площади. Однородность распределения биомассы фитопланктона определяется ее средними значениями практически по всей акватории. Наряду с этим, в пространственной изменчивости природных условий отмечается некоторая пятнистость. Наибольшей неоднородностью отличается распределение фосфатов и растворенного кислорода на прибрежных акваториях, что в целом обуславливает лишь частичное соответствие между биотическими и абиотическими характеристиками.

8. Прикавказский район.

Самый низкий по природному разнообразию. Значения энтропии в большинстве случаев близки к нулю. Причем, между всеми характеристиками наблюдается высокая степень взаимного соответствия. Это район высокой биопродуктивности обусловленной действием прибрежного апвеллинга.

Подводя итог изложенному, можно сделать вывод, что открытая акватория Черного моря характеризуется пространственной изменчивостью природных условий и, обусловленным ними, биологическим разнообразием. Выделенные районы отличаются не только количественными показателями неоднородности распределения, но и степенью взаимного соответствия между биотой и условиями среды. В тоже время следует отметить, что большая часть акватории имеет низкое природное разнообразие, чем отличается от шельфовых областей, таких как северо-западная часть Черного моря.

Список литературы

1. Берлянт А.М. Картографический метод исследования / А.М. Берлянт. – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 252с.
2. Берлянт А.М. Образ пространства: карта и информация / А.М. Берлянт. – М.: Мысль, 1986. – 238с.
3. Гохман Г.М., Меклер М.М. Теория информации и тематическое картографирование / Г.М. Гохман, М.М. Меклер // Вопросы географии. – № 88, 1971. – С. 68-77.
4. Скребец Г.Н. Количественный анализ природного разнообразия северо-западной части Черного моря / Г.Н. Скребец, А.В. Глушко, Е.А. Кудрянь // Ученые записки ТНУ сер. «География» – Т. 24 (63), № 3, 2011. – С. 62-74.
5. Black Sea. Environmental Programme. – <http://www.blackseaweb.net/maps/content.htm>. – 25.11.2012.

Скребець Г.М. Оцінка природної різноманітності відкритої акваторії Чорного моря / Г.М. Скребець // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія: Географічні науки. – 2012. – Т.25 (64), №3. – С.10-17.

Виконано розрахунки й складені карти ентропії просторової мінливості природних умов і біомаси фітопланктону у відкритій акваторії Чорного моря. Дано оцінку природної різноманітності акваторії й на цій основі проведено її районування.

Ключові слова: ентропія, природна різноманітність, біологічна різноманітність, районування.

Skrebets G.N. Estimation of the natural diversity of the open water area of the Black sea / G.N. Skrabets // Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. – Series: Geography Sciences. – 2012. – V.25 (64), No3. – P.10-17.

Calculations and maps entropy of the spatial variability of natural conditions and biomass of phytoplankton in the open water area of the Black sea. The estimation is given to the natural diversity of water area and on this basis held its zoning.

Key words: entropy, natural diversity, biological diversity, the regionalisation.

Поступила в редакцію 07.12.2012 г.