



УДК 556:551.464(262.5)

А. В. Пархоменко, канд. биол. наук, с.н.с., **Ю. Н. Токарев**, док. биол. наук, зав. отд.,
А. А. Субботин, канд. геогр. наук, с.н.с., **Е. В. Куфтаркова**, канд. геогр. наук, с.н.с., **Н. Ю. Родионова**, вед. инж.

Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского Национальной академии наук Украины, Севастополь, Украина

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ШЕЛЬФЕ ЧЁРНОГО МОРЯ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД

Рассмотрены результаты гидролого-гидрохимических исследований, полученные в центральном районе северо-западной части Чёрного моря. Проанализировано пространственное распределение температуры, солёности, растворённого кислорода, рН, фосфатов, нитратов, нитритов и кремния в водной толще. Обсуждаются гидрохимический режим вод и факторы, его формирующие в осенний период.

Ключевые слова: солёность, температура, биогенные элементы, северо-западный шельф, Чёрное море

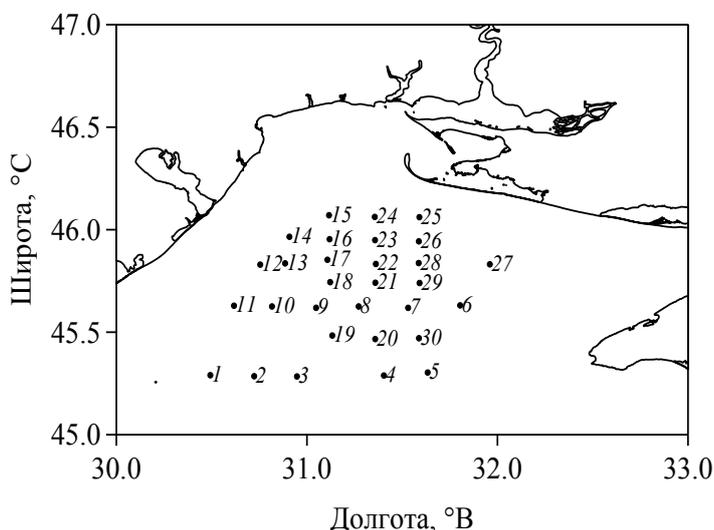
Известно, что гидролого-гидрохимический режим северо-западной части Чёрного моря (СЗЧМ) зависит от объёма и качества речного стока Дуная, Днестра, Днепра и Южного Буга, степени его взаимодействия с водами открытого моря, внутригодовой изменчивости температуры воздуха, синоптических факторов (прежде всего, ветровых условий). Как показано в ряде исследований [1, 4, 7, 14, 23, 24, 29], в верхнем слое СЗЧМ распределение солёности и температуры обусловлено фронтальной зоной с изохалиной 17.5 ‰, отделяющей распреснённые речные воды от более солёных вод из системы ОЧТ. Период наибольшего вклада речного стока в распреснение СЗЧМ отмечается в мае – августе, когда граница дунайских вод расширяется от дельты на 100 – 120 миль, занимая большую часть северо-западного шельфа [4, 14]. В январе – феврале, когда вклад речного стока в распреснение резко снижается, граница речных вод проходит на расстоянии 15 – 20 миль от берега, а трансформированные речные воды распространяются вправо от направления речного стока, образуя прибрежную струю циркуляции циклонического типа [4, 14]. Позднее на основании инструментальных и спутниковых данных было показано, что в зависимости от суммарной повторяемости ветров над СЗЧМ циркуляция прибрежных вод может носить как циклонический (~ 66 % случаев), так и антициклонический (~ 29 % случаев)

характер [23]. Для первого вида циркуляции характерны ветры восточных направлений, для второго – ветры северного, юго-западного и восточного направлений, а асимметрия повторяемости циклонической циркуляции нарастает с увеличением скорости ветра [23].

Однако не все районы СЗЧМ в одинаковой степени подвержены влиянию перечисленных выше факторов. В наибольшей степени влияние речного стока способствует резкому нарушению процессов, протекающих в водной толще придонного слоя Придунайского, Приднестровского и Приднепровско-Бугского районов, а также в междуречье Дунай – Днестр [8]. В меньшей степени подвержен центральный район СЗЧМ, поскольку его гидрохимические условия определяются, в основном, водообменом с открытой частью моря, и только в периоды половодья (май – август) и благоприятной ветровой ситуации этот район попадает под влияние трансформированных речных вод [8]. Это приводит к увеличению потоков взвеси, азот- и фосфорсодержащих органических и неорганических соединений в верхнем перемешанном слое, что способствует активизации фотосинтеза планктонных водорослей, повышению содержания кислорода, снижению прозрачности с последующим возникновением зон с дефицитом кислорода в придонном слое [2, 3, 6, 12, 13, 22]. В осенне-зимний период трансформация

речных вод из-за усиления термической конвекции и ветро-волнового перемешивания идёт преимущественно по вертикали, достигая глубины 30 – 50 м [1], что способствует перестройке гидрохимического режима вод с последующим изменением масштаба придонной гипоксии [9, 19].

Учитывая сказанное, представляет несомненный интерес оценить степень и характер взаимодействия трансформированных речных вод и вод системы ОЧТ на гидрохимический режим центрального района СЗЧМ в контексте происходящих в последние десятилетия изменений. Это актуально ещё и потому, что в связи с наблюдающимся ухудшением состояния морской среды и необходимостью восстановления и использования природных ресурсов с 2008 г. филофорное поле Зернова объявлено ботаническим заказником общегосудар-



ственного значения. Степень влияния антропогенной нагрузки на гидрохимический режим центрального района СЗЧМ можно оценить как по имеющимся в литературе гидрохимическим показателям, так и по результатам крупномасштабной гидролого-гидрохимической съёмки, проведенной в ноябре 2010г.

Цель настоящей работы заключалась в оценке состояния гидролого-гидрохимической структуры вод в центральном районе СЗЧМ и факторов, её формирующих в осенний период.

Материал и методы. Исследования проводили 1 – 7 ноября 2010 г. на НИС «Профессор Водяницкий» в центральной части северо-западного шельфа Чёрного моря (рис. 1). Измерение непрерывных профилей температуры и солёности выполняли с помощью зонда «Сальпа-М» [27].

Пробы морской воды отбирали кассетой пластиковых батометров зондирующего комплекса «Neil Brown Mark III» с дискретностью 5, 10 м. Растворённый кислород измеряли методом Винклера, pH – электрометрически, фосфатный фосфор – методом Морфи и Райли, нитратный азот – восстановлением до нитритного азота омеднённым кадмием с последующим их определением единым «цветным» реактивом, кремнекислоту – по голубому кремнемолибденовому комплексу.

Рис. 1 Схема станций наблюдений в 68-м рейсе НИС «Проф. Водяницкий»

Fig. 1 The scheme of the stations location in the 68th cruises of the RV “Prof. Vodyanitsky”

Необходимые реактивы для проведения химических анализов были приготовлены в гидрохимической лаборатории отдела прикладной океанологии и марикультуры ИнБЮМ, аккредитованной в системе Госстандарта Украины с использованием метрологических аттестованных методик [25].

Результаты. В первой декаде ноября над акваторией СЗЧМ преобладали ветры юго-западного и западного румбов со скоростями 5 – 7, временами до 7 – 13 м·с⁻¹, которые способствовали антициклоническому движению поверхностных распрессённых вод в северо-восточном и восточном направлениях, что подтверждается и ИК-изображением, полученным со спутника NOAA-15 [30]. На рис. 2 чётко прослеживается струя более холодных речных

вод Дуная, Днестра и Днепро-Бугской системы, перемещающаяся от устьев рек в сторону Каркинитского залива. В то же время на большей части акватории отмечался заток более тёплых поверхностных вод, связанных с Основным Черноморским течением (ОЧТ).

Результаты инструментальных измерений термохалинных показателей в поверхностном слое исследуемого полигона, представленные на рис. 3, наглядно отражают особенности распределения температуры воды, согласующиеся с распределением солёности и подтверждающиеся спутниковыми ИК-наблюдениями.

Из анализа пространственного распределения гидролого-гидрохимических показате-

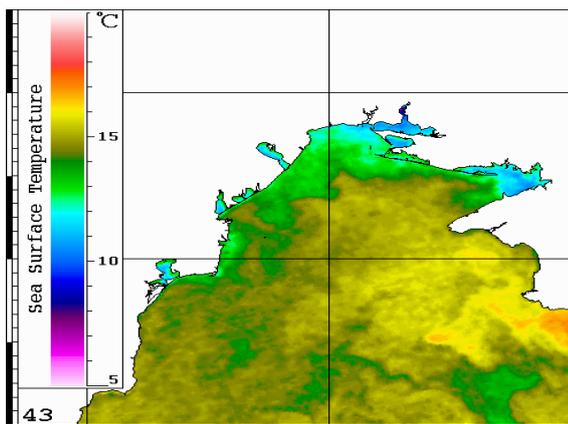


Рис. 2. ИК-изображение северо-западной части Чёрного моря со спутника NOAA-15 от 06.10.2010
Fig. 2. IR-image of the northwest parts of the Black sea from NOAA- 5 satellite obtained at 06.10.2010

лей в поверхностном слое следует, что трансформированные воды речного стока Дуная, Днестра и Днепра с температурой от 13.6 до 15.0 °С и солёностью менее 17.5 ‰ обнаруживались на западной границе полигона до 30.8° в.д. и северной до 45.8° с.ш., образуя резкую фронтальную зону от поверхности до глубин 20 – 40 м (рис. 3). В поверхностном слое фронтальной зоны абсолютные значения растворённого O₂ и значения pH изменялись, как и следовало ожидать, в соответствии с изменением термохалинных показателей. В западном и северном районах с понижением температуры в поверхностном слое отмечалось увеличение величин растворённого O₂ соответственно до 6.60 и 6.80 мл·л⁻¹ и снижение величин pH до 8.37 и 8.34 (рис. 3). Концентрация минерального фосфора и кремния в этих водах увеличивалась соответственно от 6 до 10 и от 50 до 100 мкг·л⁻¹. Содержание нитратного азота, напротив, понижалось до 2 мкг·л⁻¹, а значения нитритного азота были минимальными и изменялись в интервале 0.2 – 0.4 мкг·л⁻¹ (рис. 3).

В то же время большую часть полигона между 30.8° в.д. и 45.9° с.ш. занимали поверхностные воды из системы ОЧТ с температурой более 15.0°С и солёностью от 17.5 до 18.0 ‰, поступающих с юго-востока. Заметим, что в период исследований средняя температура поверхностных вод была на 2 – 3°С выше среднесуточной для ноября, что объясняется Морський екологічний журнал, № 1, Т. XI. 2012

аномально тёплым летом и интенсивным прогревом верхнего квазиоднородного слоя [1]. В этих водах гидрохимические показатели изменялись в узком диапазоне. Концентрация фосфатного фосфора варьировала в пределах 3 – 5, нитратного азота 3 – 6, нитритного азота 0.2 – 0.4, кремния 30 – 50 мкг·л⁻¹, величины растворённого O₂ 6.40 – 6.45 мл·л⁻¹, а насыщение вод кислородом от 100.5 до 101.5 %, указывая на однородный характер пространственного распределения этих показателей (рис. 3).

В целом, наблюдаемые величины гидролого-гидрохимических характеристик в поверхностном слое соответствовали значениям этих показателей для черноморских вод из системы ОЧТ, поступающих с юго-востока примерно до 30.8° в.д. Подтверждением этому служит характерное для этих вод десятикратное превышение концентрации N – NO₃ над N – NO₂ [26].

В водной толще 0 – 35 м в распределении термохалинных показателей отмечался однородный характер, что указывает на отсутствие сезонного термоклина и интенсивную вертикальную циркуляцию водных масс (рис. 4, 5). В распределении этих показателей, как в поверхностном слое, так и в водной толще западного и северного участков полигона, проявлялось влияние трансформированных вод речного стока Дуная, Днестра и Днепра (рис. 5, 6). На западном участке границы разреза от 30.8° до 30.6° в.д. в направлении с востока на запад в слое 0 – 35 м с понижением температуры концентрация растворимого кислорода повышалась до 6.6 мл·л⁻¹, а насыщение кислородом достигало 100 %, указывая на отсутствие дефицита кислорода в водной толще (рис. 5, 6).

Содержание фосфатного фосфора возрастало от 4 до 7, кремния от 35 до 60 мкг·л⁻¹, а нитратного азота снижалось до 2 мкг·л⁻¹. Значения нитритного азота были минимальными, варьируя в интервале 0.2 – 0.4 мкг·л⁻¹ (рис. 4, 5).

Аналогичная тенденция изменения величин термохалинных и гидрохимических показателей выявлена и в водной толще на северном

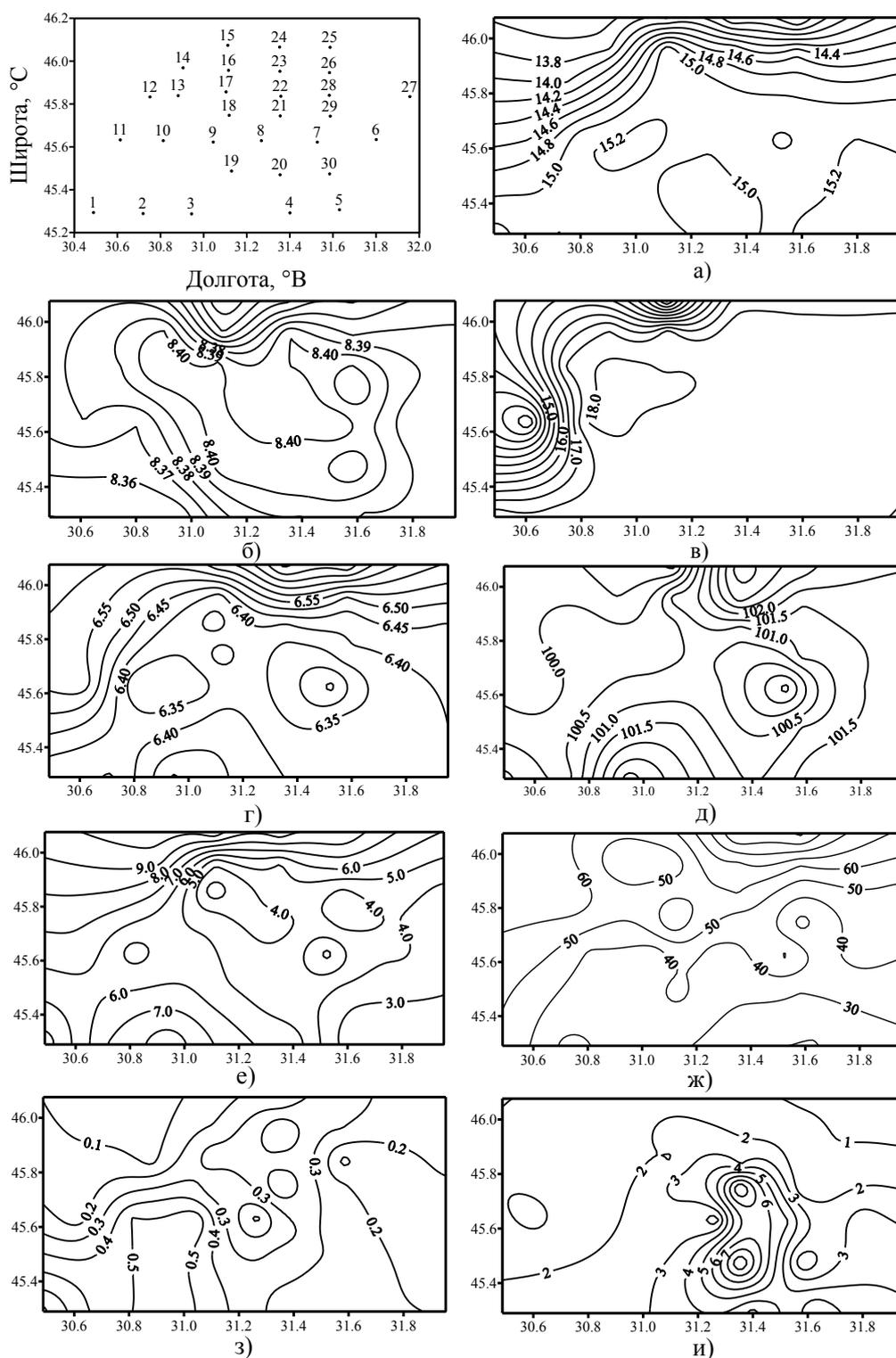


Рис. 3 Пространственное распределение основных гидрологических и гидрохимических показателей в поверхностном слое исследуемого полигона: а) температура, °С; б) величина pH; в) солёность, ‰; г) кислород, мл·л⁻¹; д) кислород, %; е) P-PO₃⁴, мкг·л⁻¹; ж) Si, мкг·л⁻¹; з) N-NO₂, мкг·л⁻¹; и) N-NO₃, мкг·л⁻¹.
 Fig. 3 Spatial distribution of the main hydrological and hydrochemical parameters in the surface layer of the studied area: а) temperature, °С; б) pH; в) salinity, ‰; г) oxygen, ml·l⁻¹; д) oxygen, %; е) P-PO₃⁴, µg·l⁻¹; ж) Si, µg·l⁻¹; з) N-NO₂, µg·l⁻¹; и) N-NO₃, µg·l⁻¹.

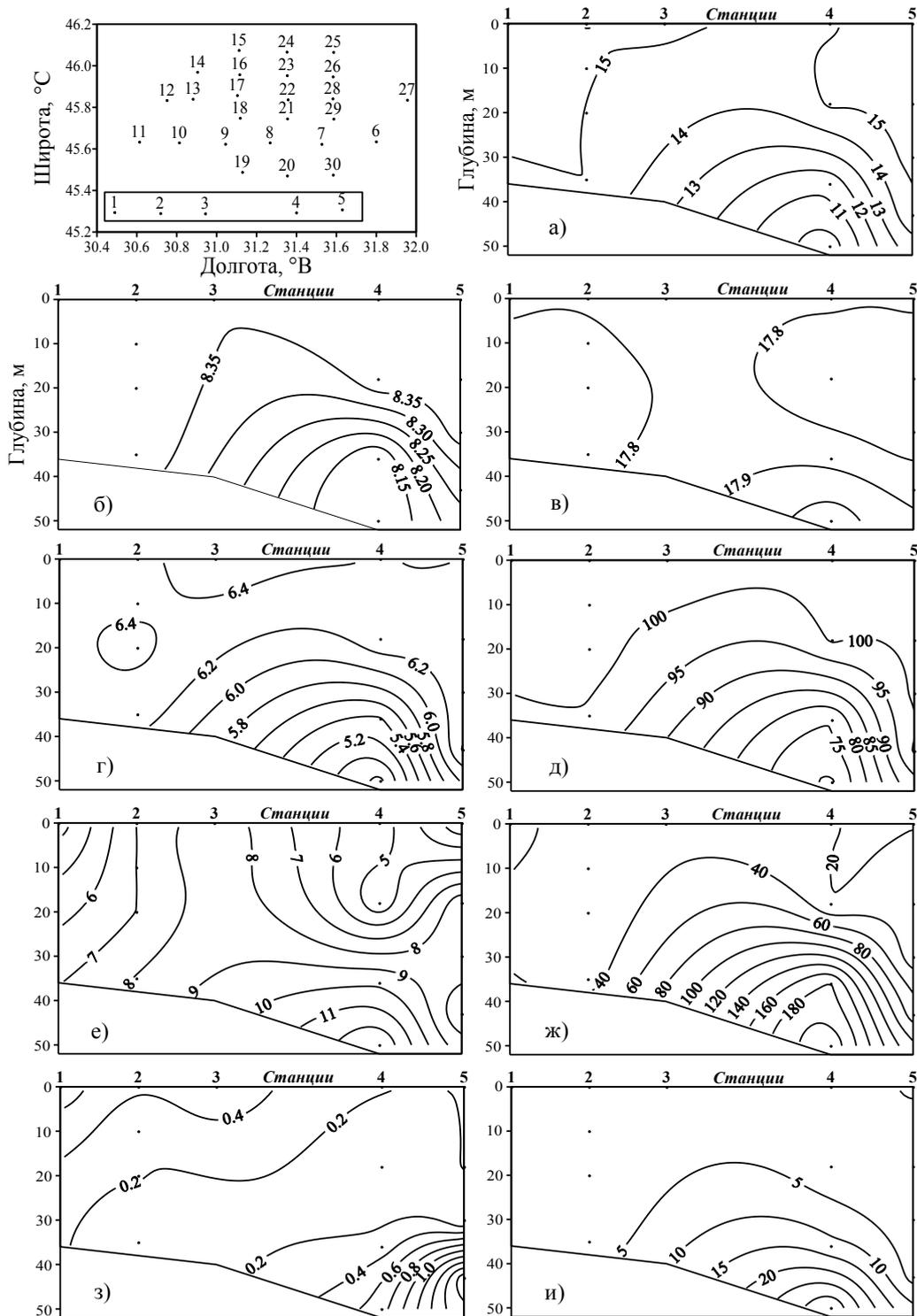


Рис. 4 Вертикальное распределение основных гидрологических и гидрохимических показателей на широтном разрезе 1: а) температура, °С; б) величина pH; в) солёность, ‰; г) кислород, мл·л⁻¹; д) кислород, ‰; е) P-PO₄, мкг·л⁻¹; ж) Si, мкг·л⁻¹; з) N-NO₂, мкг·л⁻¹; и) N-NO₃, мкг·л⁻¹.
 Fig. 4 Vertical distribution of the main hydrological and hydrochemical parameters at the latitudinal section 1: а) temperature, °C; б) pH; в) salinity, ‰; г) oxygen, ml·l⁻¹; д) oxygen, ‰; е) P-PO₄, μg·l⁻¹; ж) Si, μg·l⁻¹; з) N-NO₂, μg·l⁻¹; и) N-NO₃, μg·l⁻¹.

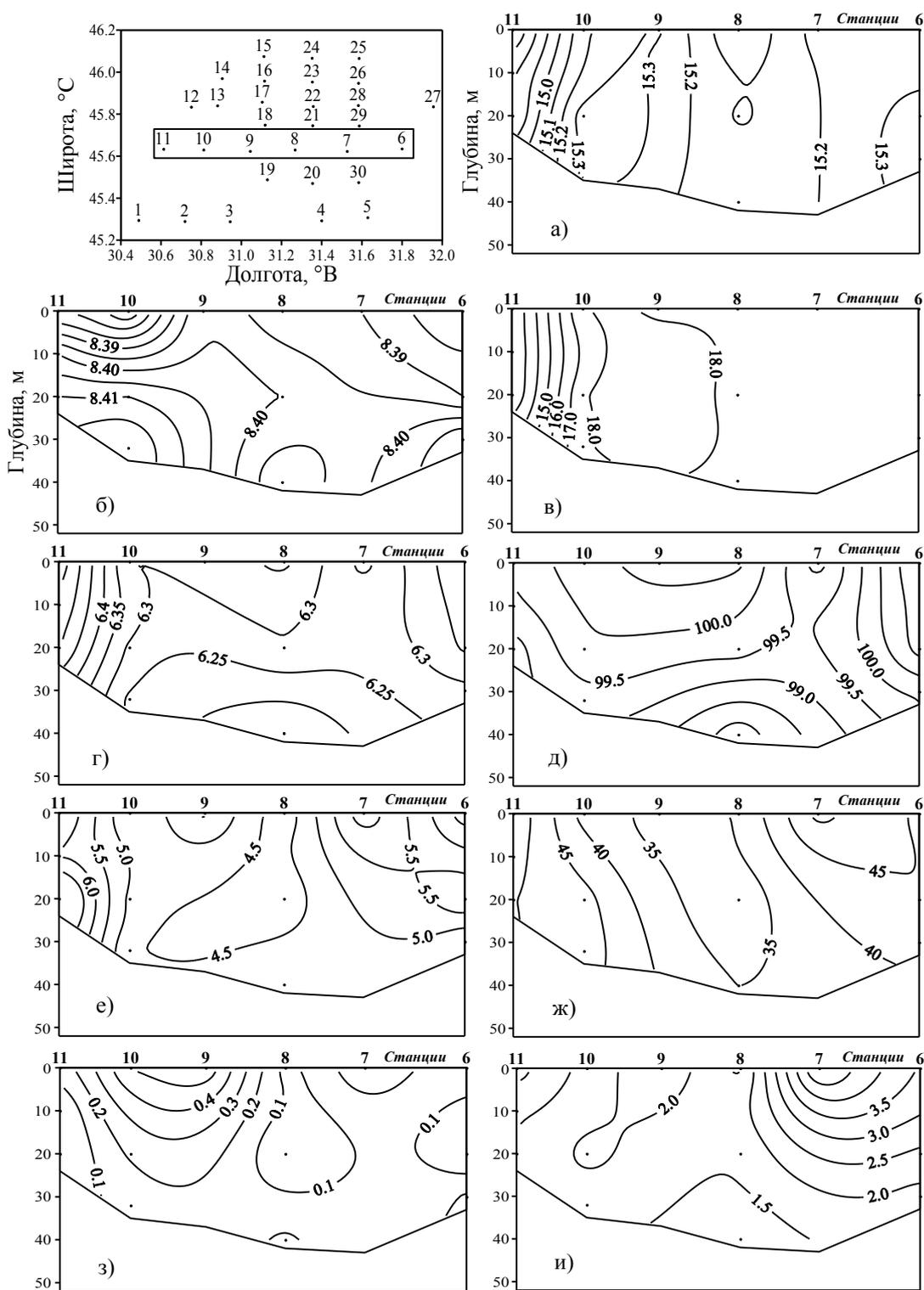


Рис. 5 Вертикальное распределение основных гидрологических и гидрохимических показателей на широтном разрезе 2: а) температура, °С; б) величина pH; в) солёность, ‰; г) кислород, мл·л⁻¹; д) кислород, %; е) P-PO₄, мкг·л⁻¹; ж) Si, мкг·л⁻¹; з) N-NO₂, мкг·л⁻¹; и) N-NO₃, мкг·л⁻¹.

Fig. 5 Vertical distribution of the main hydrological and hydrochemical parameters at the latitudinal section 2: а) temperature, °C; б) pH; в) salinity, ‰; г) oxygen, ml·l⁻¹; д) oxygen, %; е) P-PO₄, μg·l⁻¹; ж) Si, μg·l⁻¹; з) N-NO₂, μg·l⁻¹; и) N-NO₃, μg·l⁻¹.

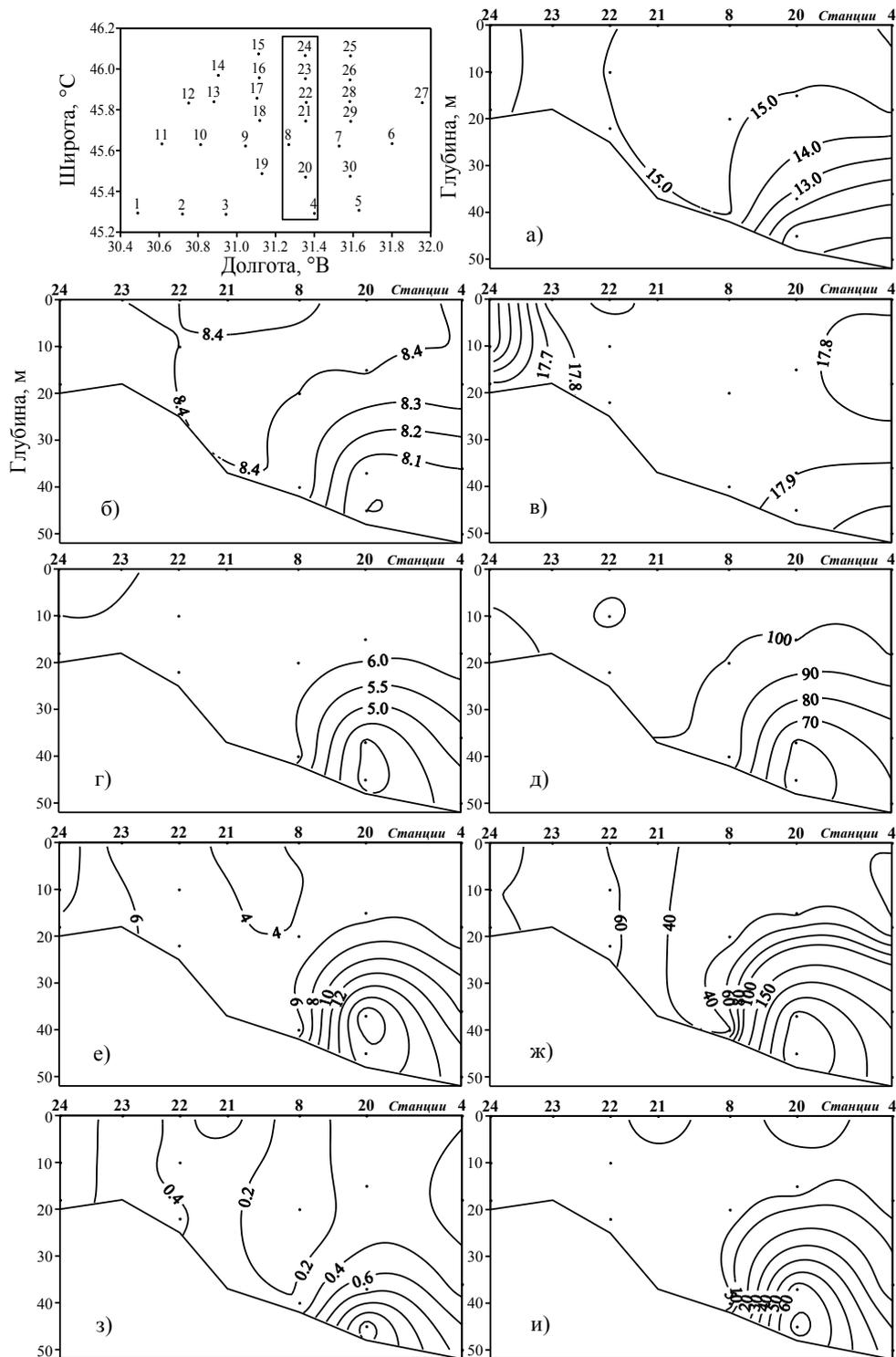


Рис. 6 Вертикальное распределение основных гидрологических и гидрохимических показателей на меридиональном разрезе 1: а) температура, °С; б) величина pH; в) солёность, ‰; г) кислород, мл·л⁻¹; д) кислород, %; е) P-PO₄, мкг·л⁻¹; ж) Si, мкг·л⁻¹; з) N-NO₂, мкг·л⁻¹; и) N-NO₃, мкг·л⁻¹.

Fig. 6 Vertical distribution of the main hydrological and hydrochemical parameters at the longitudinal section 1: а) temperature, °C; б) pH; в) salinity, ‰; г) oxygen, ml·l⁻¹; д) oxygen, %; е) P-PO₄, µg·l⁻¹; ж) Si, µg·l⁻¹; з) N-NO₂, µg·l⁻¹; и) N-NO₃, µg·l⁻¹.

участке границы разреза в направлении от 45.8° до 46.0° с.ш. (рис. 6). На большей части полигона значения гидрохимических показателей в водной толще 0 – 35 м соответствовали величинам этих показателей для поверхностных вод из системы ОЧТ с температурой 15.0°C и более и солёностью 17.5 – 18.0 ‰ (рис. 5, 6). Исключением явился юго-восточный участок (станции 4, 5, 20, 30, 19), где наблюдался свал глубин. В водной толще этого района отмечены вертикальные градиенты термохалинных и гидрохимических показателей, что свидетельствовало о двухслойной структуре вод: квазиоднородный слой 0 – 35 м и наличие сезонного термоклина. С увеличением глубины до 60 м температура снижалась до 9°C, а солёность достигала 18.0‰, что указывало на заток вод из глубоководной области моря (рис. 4, 6). В этих условиях концентрация O₂ снижалась, изменяясь в интервале 3.8 – 4.8 мл·л⁻¹, насыщение вод кислородом от 60 до 70 %, значения рН до 8.0. По сравнению с поверхностным слоем концентрация биогенных элементов в придонном слое резко возрастала: фосфатного фосфора – до 20, нитратного азота – 80, кремния – 350 и нитритного азота – 2 мкг·л⁻¹ (рис. 7). Как видно из рис. 4, 5, 7, в придонном слое юго-восточной части полигона в распределении биогенных веществ выражен очаговый характер их увеличения.

Обсуждение. По средним значениям гидролого-гидрохимических параметров для всей водной толщи исследуемый район, согласно районированию Украинского сектора СЗЧМ, выделен как центральный [7]. Наши исследования показали, что в водной толще 0 – 35 м этого района в ноябре наблюдалось относительно равномерное распределение температуры, солёности, растворённого O₂, биогенных веществ, указывая на интенсивную циркуляцию вод и отсутствие термоклина, за исключением свала глубин в юго-восточной части полигона, где выявлена двухслойная структура водной толщи.

На гидрохимический режим водной толщи исследуемого полигона оказывали влия-

ние трансформированные воды стока Дуная, Днепра, Днестра и Буга. В поверхностном слое и в водной толще на западном (до 30.8° в.д.) и северном участках (до 45.8° с.ш.) это проявлялось в снижении величин рН и увеличении абсолютных значений O₂, содержания кремния и минерального фосфора. В то же время большая часть полигона между 30.8° в.д. и 45.9° с.ш. была подвержена влиянию поверхностных вод из системы ОЧТ, поступающих с юго-востока.

Эти результаты вполне согласуются с литературными данными. Так, в [19, 31] показано, что, начиная с октября, в СЗЧМ активизируется процесс сезонного охлаждения вод и ветрового перемешивания, что сопровождается заглублением и размыванием термоклина. В ноябре на большей части центрального района СЗЧМ сезонный термоклин, как правило, разрушен, а в распределении гидролого-гидрохимических показателей в водной толще отмечался однородный характер [19, 31]. Очевидно, что эти процессы зависят от внутригодовой изменчивости температуры воздуха и синоптических факторов (прежде всего, ветровых условий). В период наших исследований преобладали ветры юго-западного и западного направлений, что способствовало нетипичному антициклоническому движению трансформированных вод речного стока в северо-восточном и восточном направлениях, поскольку в зависимости от суммарной повторяемости ветров над СЗЧМ циркуляция прибрежных вод в ~ 66 % случаев носит циклонический характер и только в ~ 29 % случаев – антициклонический [23]. Вследствие антициклонического характера движения вод струя более холодных речных вод Дуная, Днестра и Днепро-Бугской системы перемещалась в сторону Каркинитского залива, оказывая влияние лишь на небольшую часть западного и северного участков полигона, тогда как большая часть акватории была подвержена влиянию более тёплых поверхностных вод, связанных с ОЧТ.

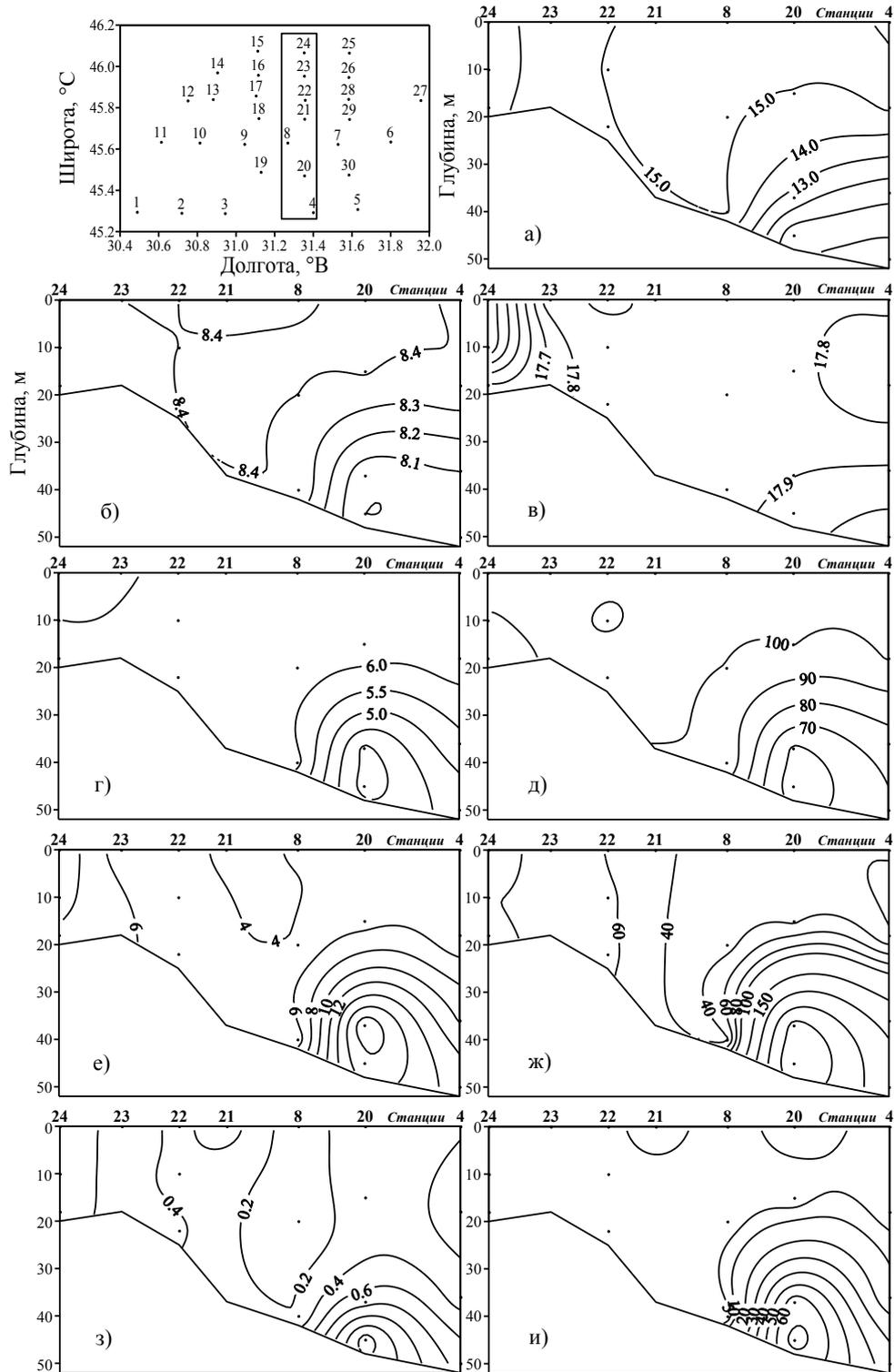


Рис. 7 Пространственное распределение основных гидрологических и гидрохимических показателей в придонном слое исследуемого полигона: а) температура, °С; б) величина рН; в) солёность, ‰; г) кислород, мл·л⁻¹; д) кислород, %; е) P-PO₄³⁻, мкг·л⁻¹; ж) Si, мкг·л⁻¹; з) N-NO₂, мкг·л⁻¹; и) N-NO₃, мкг·л⁻¹.

Fig. 7 Spatial distribution of the main hydrological and hydrochemical parameters in the near-bottom layer of the studied area: а) temperature, °C; б) pH; в) salinity, ‰; г) oxygen, ml·l⁻¹; д) oxygen, %; е) P-PO₄³⁻, µg·l⁻¹; ж) Si, µg·l⁻¹; з) N-NO₂, µg·l⁻¹; и) N-NO₃, µg·l⁻¹.

Гидрохимические показатели (растворённый O_2 , рН, фосфатный фосфор, нитратный и нитритный азот, кремний) в слое 0 – 35 м на большей части полигона распределялись относительно равномерно, что обусловлено влиянием поступающих с юго-востока поверхностных вод ОЧТ. И только в районах северной и западной границ полигона выявлено влияние трансформированных вод речного стока Дуная, Днестра и Днепро-Бугской системы. Концентрация фосфатного фосфора, кремния и растворённого O_2 в этих частях полигона повышалась, а нитратного азота, напротив, понижалась в 1.5 – 2 раза относительно центральной части полигона. Следовательно, трансформированные речные воды не оказывали существенного влияния на изменение гидрохимического режима водной толщи на западном и северном участках полигона. Так, концентрация фосфатного фосфора и кремния в водной толще фронтальной зоны с границей изохалины 17.5 ‰ повышалась лишь в 1.5 – 2 раза, в то время как содержание нитратного азота понижалось относительно содержания в водной толще на большей части исследуемого полигона, где наблюдались фоновые значения этих показателей. Наблюдаемое снижение нитратного азота, вероятнее всего, связано с тем, что его содержание в водах зон влияния Дуная и Днепра было ниже, чем в центральной части полигона. В последние десятилетия в зоне влияния вод Дуная, по сравнению с 1970 – 1980 гг., концентрация нитратного азота снизилась в 1.5 – 2 раза, а содержание органических веществ возросло в 2 – 4 раза [5]. Аналогичная тенденция выявлена и при прохождении днепровских вод через Днепровско-Бугский лиман, где концентрация аммонийного и нитратного азота понижалась, а фосфатного фосфора возрастала [10, 11].

Сравнение гидрохимических показателей, полученных нами в ноябре 2010 г. на широтном разрезе по 45°25 с.ш. (рис. 4) и данных от 22 ноября 2001 г. на разрезе 45°17 с.ш. [31] показало, что при отсутствии сезонного термоклина в слое 0 – 35 м распределение O_2 имело

однородный характер. Его абсолютные величины на этих разрезах были одинаковыми и изменялись в узком интервале 6.0 – 6.5 мл·л⁻¹. Такая же тенденция отмечена и в распределении фосфатного фосфора: его значения варьировали в диапазоне 3.1 – 9.3 и 4.5 – 7.0 мкг·л⁻¹, соответственно. Иная картина наблюдалась в распределении нитратного азота и кремния на разрезе 45°17 с.ш.: их содержание с увеличением глубины возрастало соответственно от 1.4 до 14 и от 58 до 174 мкг·л⁻¹ [31]. Аналогичная тенденция вертикального распределения нитратного азота и кремния с увеличением глубины отмечена в период наших исследований и на разрезе 45°25 с. ш. (рис. 4). Концентрация нитратного азота и кремния с увеличением глубины повышалась соответственно от 5 до 10 и от 30 до 110 мкг·л⁻¹. Абсолютные величины этих показателей сопоставимы со значениями аналогичных гидрохимических показателей на разрезе 45°17 с. ш. в ноябре 2001 г. [31]. Сравнение гидролого-гидрохимических показателей, полученных в ноябре 2001 и 2010 гг., показало, что в слое 0 – 30 м наблюдался однородный характер в распределении термохалинных и гидрохимических показателей. Значения этих показателей были близки или сопоставимы, что указывает на относительную устойчивость гидрохимического режима водной толщи центрального района СЗЧМ на протяжении последних десяти лет.

Особый интерес представляет распределение некоторых гидрохимических показателей в придонном слое юго-восточной части района (ст. 4, 5, 19, 20, 30), где отмечено увеличение концентрации фосфатного фосфора до 20, нитратного азота – 80, кремния – 350 мкг·л⁻¹ по сравнению с поверхностными водами (рис. 4, 5, 7). Как показали наши исследования в 5-м рейсе НИС «Киев» в ноябре – декабре 1996 г., этот факт может свидетельствовать о наличии субмариной разгрузки в палеорусле древних рек [20, 28]. На исследуемом полигоне перечисленные выше станции полностью совпадают по координатам с палеоруслем Днепра.

Вместе с тем, наблюдаемые в придонном слое юго-восточной части полигона концентрации биогенных веществ были на 1 – 2 порядка величин меньше, чем в [28]. На наш взгляд, причина подобного расхождения может быть связана с дискретностью отбора проб морской воды в придонном слое. В силу метеорологических условий, а также технических возможностей зонда MARK–III, отбор проб воды проводился нами в 2 – 4 м от поверхности дна, в то время как в [28] исследовалась толщина придонного слоя 10 – 15 м с дискретностью 1 м от поверхности дна. С другой стороны, и в наших исследованиях, и в [28] уже в 7 – 10 м от поверхности дна влияние субмариной разгрузки по гидрохимическим показателям не проявлялось, что, вероятнее всего, обусловлено высокой активностью турбулентных и диффузионных процессов. Очевидно, что этот источник поступления биогенных веществ в юго-восточной части центрального района СЗЧМ следует считать важным и учитывать при планировании гидрохимических исследований с акцентом на более детальное изучение придонного слоя в этом районе.

Антропогенная нагрузка в 1960–1980-е годы оказала значительное влияние не только на гидрохимический режим водной толщи, но и на развитие донной флоры и фауны СЗЧМ [5, 6, 12, 13]. Так, оценка запасов водорослей рода *Phyllophora* Grev в районе филофорного поля Зернова (центральный район СЗЧМ) показала, что антропогенное эвтрофирование на протяжении этого периода способствовало его деградации [16, 18], а в последующие десятилетия – практически полному его исчезновению [17, 21]. В связи с этим на основании гидролого-гидрохимических характеристик, полученных в осенний период 2010 г., нами проведена оценка физико-химических условий в придонном слое центрального района СЗЧМ. Из анализа гидролого-гидрохимических характеристик следует, что в придонном слое на большей части полигона наблюдались благоприятные условия для развития холодноводных видов

водорослей филофоры. К этим условиям можно отнести однородность в распределении биогенных веществ за счёт интенсивной вертикальной циркуляции вод, практически 100 % насыщение кислородом водной толщи 0 – 35 м, относительно высокую освещенность поверхности дна (зона фотосинтеза значительно превосходила толщину исследуемого слоя). Температура в придонном слое изменялась в узком диапазоне 13 – 15°C и соответствовала оптимальной для развития холодноводных видов филофоры. В юго-восточной части полигона по изобате 45 м выявлена зона повышенного содержания биогенных веществ, способствующих обогащению ими придонного слоя.

Исключением являлся придонный слой юго-восточной части полигона, где наблюдалось резкое ухудшение физико-химических условий, что проявлялось в снижении уровня освещённости, температуры – до 9 °C, содержания растворимого кислорода – до 3.8 мл·л⁻¹, величины рН – до 8.0.

Выводы. 1. В поздне-осенний период на формирование гидролого-гидрохимического режима центрального района СЗЧМ оказывали влияние трансформированные воды речного стока Дуная, Днестра и Днепро-Бугской системы, поверхностные воды черноморского шельфа, инфильтрация субмаринных распреснённых вод из палеорула Днепра. **2.** Особенность формирования гидрохимического режима вод центрального района СЗЧМ в осенний период 2010 г. заключается в том, что на большей его части с глубинами до 35 м выявлена относительная однородность в распределении растворённого кислорода, величин рН и исследуемых биогенных элементов; в придонном слое юго-восточной части отмечено резкое снижение температуры, концентрации кислорода, величины рН на фоне повышенного содержания биогенных элементов, связанного с инфильтрацией субмаринных распреснённых вод из палеорула Днепра. **3.** Сравнение гидролого-гидрохимических характеристик, полученных в осенний период 2001 и 2010 гг., ука-

зывает на относительную устойчивость гидрохимического режима водной толщи центрального района СЗЧМ на протяжении последних десяти лет.

1. *Белокопытов В. Н.* Термохалинная и гидроакустическая структура вод Чёрного моря: Автореф. дисс.... канд. геогр. наук. – Севастополь, 2004. – 160 с.
2. *Беляев Б. Н.* Освещенность водной толщи северо-западного шельфа Чёрного моря в районах Каркинитского залива и филлофорного поля Зернова // *Экология моря.* – 1993. – Вып. 43. – С. 75 – 90.
3. *Берлинский Н. А., Богатова Ю. И., Гаркавая Г. Н.* Проблемы антропогенного эвтрофирования и развития гипоксии в северо-западной части Чёрного моря // *Экология моря.* – 2003. – Вып. 63 – С. 17 – 52.
4. *Большаков В. С.* Трансформация речных вод в Чёрном море. – Киев: Наук. думка, 1970. – 328 с.
5. *Гаркавая Г. Н., Богатова Ю. И.* Гидрохимические исследования: источники эвтрофирования // Северо-западная часть Чёрного моря: биология и экология. – Киев: Наук. думка, 2006. – С. 60 – 74.
6. *Гаркавая Г. Н., Богатова Ю. И., Буланая З. Т.* Современные тенденции изменения гидрохимических условий северо-западной части Чёрного моря // *Изменчивость экосистемы Чёрного моря: естественные и антропогенные факторы.* – М.: Наука, 1991. – С. 299 – 306.
7. *Гаркавая Г.Н., Богатова Ю. И., Берлинский Н. А.* Формирование гидрохимических условий на устьевом взморье // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.* – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2000. – С. 133 – 141.
8. *Гаркавая Г.Н., Богатова Ю.И., Гончаров А.Ю.* Районирование шельфа по гидролого-гидрохимическим параметрам // Северо-западная часть Чёрного моря: биология и экология. – Киев: Наук. думка, 2006. – С. 83 – 86.
9. *Гидрохимические условия и океанографические основы формирования биологической продуктивности* // Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. – С-Пб.: Гидрометеиздат. – Т. 4. Чёрное море. Вып. 2. – 1992. – 219 с.
10. *Журавлёва Л. И.* Гидрохимия устьевой области Днепра и Южного Буга в Чёрное море. – Киев: Наук. думка, 1988. – 174 с.
11. *Журавлёва Л. И.* Неорганический азот в стоке Днепра и Южного Буга в Чёрное море // *Гидробиол. журн.* – 1993. – **29**, № 2. – С. 71 – 76.
12. *Зайцев Ю. П.* Антропогенные изменения в обществах биологически активных зон Чёрного моря // *Изменчивость экосистемы Чёрного моря: естественные и антропогенные факторы.* – М.: Наука, 1991. – С. 308 – 310.
13. *Зайцев Ю. П., Гаркавая Г. Г., Нестерова Д. А.* и др. Современное состояние экосистемы северо-западной части Чёрного моря // *Современное состояние экосистемы Чёрного моря.* – М.: Наука, 1987. – С. 216 – 230.
14. *Ильин Ю. П., Лемешко Е. М., Станичный С. В.* Изменение гидрологической структуры вод под действием ветра на придунайском шельфе Чёрного моря по данным полигонных и спутниковых наблюдений // *Экологическая безопасность и комплексное использование ресурсов шельфа.* – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 1999. – С. 91 – 110.
15. *Калугина-Гутник А. А.* Фитобентос Чёрного моря. – Киев: Наук. думка, 1975. – 246 с.
16. *Калугина А. А., Лачко О. А.* Состав распределение и запасы макрофитов Чёрного моря в районе филлофорного поля Зернова // *Распределение бентоса и биология донных организмов южных морей.* – Киев: Наук. думка, 1966. – С. 112 – 130.
17. *Калугина-Гутник А. А., Евстигнеева И. К.* Донная растительность Филлофорного поля Зернова Чёрного моря // *Биология моря* – 1994. – **20**, № 4. – С. 264 – 270.
18. *Калугина-Гутник А. А., Евстигнеева И. К.* Пространственная структура ценопопуляции *Phyllophora nervosa* филлофорного поля Зернова летом 1989 г. // *Экология моря* – 1993. – Вып. 44. – С. 64 – 69.
19. *Кондратьев С. И., Геворгиз Н. С.* Изменение распределения гидрохимических параметров под влиянием апвеллинга в приустьевом районе Дуная в осенний период 1997 года // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.* – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2002. – Вып. 3. – С. 111 – 124.
20. *Кондратьев С. Н., Романов А. С., Долотов В. В.* Использование стандартных гидрохимических

- показателей при поиске субмаринных источников пресных вод // Развитие исследований Академии наук Украины в Крыму: Мат. конф 2 октября 1993 г. – Симферополь, 1993. – С. 124 – 136.
21. Миничева Г. Г. Современная морфофункциональная трансформация сообществ макрофитов Филлофорного поля Зернова // Альгология. – 2007. – 17, № 2. – С. 171 – 190.
 22. Пархоменко А. В., Ковальчук Ю. Л. Исследование гидрохимического режима филлофорного поля Зернова в летний период // Экология моря. – 1993. – Вып. 43. – С. 69 – 75.
 23. Попов Ю. И. Распространение шельфовых вод в северо-западной части Чёрного моря и их обмен с водами открытой части моря // Экологическая безопасность и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. – Вып. 23. – С. 117 – 126.
 24. Попов Ю. И., Мотыгин А. С., Украинский В. В. Некоторые особенности климатических изменений термохалинной структуры // Вестник Гидрометцентра Чёрного и Азовского морей. Гос. гидрометеорологическая служба Украины. – 2010. – № 1(11). – С. 98 – 107.
 25. Руководство по химическому анализу морских вод: руководящий документ. – С - Пб.: Гидрометеиздат, 1993. – 264 с.
 26. Скопинцев Б. А. Формирование современного химического состава вод Чёрного моря. – Л.: Гидрометеиздат, – 1975. – 290 с.
 27. Токарев Ю. Н., Василенко В. И. Жук В. Ф. Новый гидрофизический комплекс для экспрессной оценки состояния прибрежных экосистем // Современные методы и средства океанологических исследований / Мат. XI международной научно-технич. конф. 25 – 27 ноября 2009, Москва.– М.: Изд-во РАН, 2009. – Ч. 3– С. 23 – 27.
 28. Шнюков Е. Ф., Клещенко С. А., Губанов В. И., Субботин А. А., Щуров С. Ч. О возможной субмаринной разгрузке в палеорусле рек Северо-западной части Чёрного моря // Доклады Национальной академии наук Украины. – 1997. - № 11. – С. 130 – 134.
 29. Шокурова И. Г., Пластун Т. В., Белокопытов В. Н. и др. Сравнительный анализ изменчивости гидрологических характеристик вод северо-западного шельфа и центральной части Чёрного моря // Экологическая безопасность и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, ЭКОСИ-Гидрофизика, 2004. – Вып. 10. – С. 17 – 26.
 30. <http://dvs.net.ua/map/data/1011/OVON0654.GIF>
 31. Kondratiev S. I., Stepanyak Yr. D. The extremely late bottom hypoxia on the north-western shelf of the Black Sea at the end of November 2001 // Ecological Problems of the Black Sea. – Odessa, 2002. – P. 86 – 91.

Поступила 19 июля 2011 г.

Особливість просторового розподілу гідролого-гідрохімічних показників на північно-західному шельфі Чорного моря в осінній період. О. В. Пархоменко, Ю. М. Токарев, А. А. Субботін, Є. В. Куфтаркова, Н. Ю. Родіонова. Розглянуто результати гідролого-гідрохімічних досліджень, які були одержані у водній товщі центрального району північно-західної частини Чорного моря. Проаналізовано просторовий розподіл температури, солоності, розчиненого кисню, рН, фосфатів, кремнію, нітратів і нітритів у водній товщі. Обговорюються гідрохімічна структура вод і чинники, що її формують в осінній період.

Ключові слова: солоність, температура, біогенні елементи, північно-західний шельф, Чорне море

Peculiarities of spatial distribution of hydrology-hydrochemical parameters on the north-western shelf of the Black Sea in autumn. A. V. Parkhomenko, Y. N. Tokarev, A. A. Subbotin, E. V. Kuftarkova, N. Y. Rodionova. The results of hydrological and hydrochemical researches in central region the north-western part of the Black Sea are reviewed. The spatial distribution of temperature, salinity, dissolved oxygen, pH, phosphates, silicon, nitrate and nitrite concentrations in the water strata of studied area are analyzed. Hydrochemical regime and factors forming it in the autumn season are discussed.

Keywords: salinity, temperature, biogenic elements, north-western shelf, Black Sea,