

УДК 574:551.464

Берлинский Н.А., к.г.н., Богатова Ю.И., Рясинцева Н.И., к.г.н.,
Одесский филиал Института биологии южных морей

Чугай А.В., асп

Одесский гидрометеорологический институт

Гидрохимическая характеристика состояния экосистемы Приднепровско-Бугского района

Дана сезонная гидрохимическая характеристика состояния экосистемы Приднепровско-Бугского района по данным исследований в 1983-1989гг. и 1995-1996 гг. Рассмотрена динамика изменения гидрохимических показателей ней при различных грациях солености морской воды.

Приднепровско-Бугский район (ПДБР), расположенный в северо-западной части Черного моря (СЗЧМ), испытывает влияние двух рек, Днепра и Южного Буга, среднемноголетний сток которых составляет около 45 км³/год [1], и занимает площадь от северной оконечности Тендровской косы до м.Б.Фонтан у Одессы. Гидрохимический режим этого района связан с суммой факторов - величиной поступления трансформированных вод Днепра и Южного Буга из Днепро-Бугского лимана (ДБЛ), общей циркуляцией вод СЗЧМ, сгонно-нагонными ветрами, которые определяют зону трансформации вод из ДБЛ в СЗЧМ, а также водообменом с целым рядом лиманов (Березанский, Григорьевский, Тилигульский) и заливов (Егорлыцкий, Тендровский). Важную роль в формировании гидрохимического режима ПДБР играет и урбанизированный сток городов и населенных пунктов, расположенных в береговой зоне этого района.

Особенностью современного стока Днепра и Южного Буга является его перераспределение по сезонам и, в связи с этим, изменение его влияния на структуру вод не только ПДБР, но и всего СЗЧМ. До 1943 г. Днепро-Бугская устьевая область промывалась речными водами до 14 раз в год [2]. В 50 - 60-е гг волна паводковых вод из ДБЛ, равная 1/3 части годового стока Днепра и Южного Буга, достигала почти центра СЗЧМ, обогащая воды северо-запада соединениями азота и фосфора. После создания каскада водохранилищ водность низовья и дельты Днепра весной снизилась в 2-2,5 раза, в летне-осенний период осталась на прежнем уровне, а водность зимнего периода повысилась в 2- 2,5 раза [3]. Перераспределение стока по сезонам обеспечивает постоянное поступление биогенных веществ в лиман,

а затем и в ПДБР. Но даже при самом максимальном стоке, благодаря зарегулированию, его воздействие отмечается не далее северной оконечности Тендровской косы и м.Б.Фонтан [4].

Материалами для анализа послужили результаты исследований ПДБР Одесским филиалом Института биологии южных морей (ОФ ИнБЮМ) НАН Украины в 1983-1989 гг. и 1995-1996 гг. по гидрохимическим показателям. Исследования проводились ежегодно с марта по октябрь в 1983-1989 гг. по следующим параметрам: температура, соленость, рН, содержание кислорода и процент его насыщения, соединения азота и фосфора в морской воде, а в 1995-96 гг. (весна, лето) исследовались также тяжелые металлы и нефтепродукты в воде и донных отложениях этого района. Район исследований охватывал прибрежную полосу СЗЧМ от г.Одессы до г.Очакова и часть ДБЛ (рис.1).

В весенний период водные массы ПДБР, выделенные методом Т,S-анализа, распределялись следующим образом: поверхностная водная масса с соленостью 5,6 - 13,3 ‰ и температурой 6,9 - 11,2°C - от поверхности до глубины 5 м; промежуточная с соленостью 10,4 - 16,4‰ и температурой 5,4 - 12,6°C от 5 м до 10 м; придонная водная масса с соленостью 16,4 - 17,6‰ и температурой 2,2 - 8,7°C - от 10 м до дна. Слой скачка плотности располагался на глубинах 1 -5 м. Летом поверхностная водная масса в слое 0-5 м (при S = 7,5 - 14,8 ‰ и T = 18,3 - 23,1°C), промежуточная - в слое 5-15 м (S - 11,7 - 17,5 ‰, T = 8,7 - 19,2°C), придонная - от 15 м до дна (S = 16,8 - 17,5 ‰, T = 5,2 - 10,5°C). Слой скачка плотности летом располагался на глубинах 10 -15 м. Осенью акваторию ПДБР занимала водная масса с соленостью 11,1-17,4 ‰ и температурой 7,8 - 17,6°C. Слой скачка плотности располагался на глубинах 10-15 м. Осенью акваторию ПДБР занимала водная масса с соленостью 11,1 -17,4 ‰ и температурой 7,8-17.6°C. Слой скачка плотности располагался на глубине более 10 м. С началом осенне-зимней конвекции происходило разрушение слоя скачка плотности и температуры.

Сезонные изменения гидрохимических показателей в ПДБР за период 1983-1989 гг. представлены в таблице 1. Водные массы ПДБР характеризуются значительной сезонной изменчивостью всех исследуемых параметров. В весенний и летний период в поверхностном слое наблюдалось повышенное со-

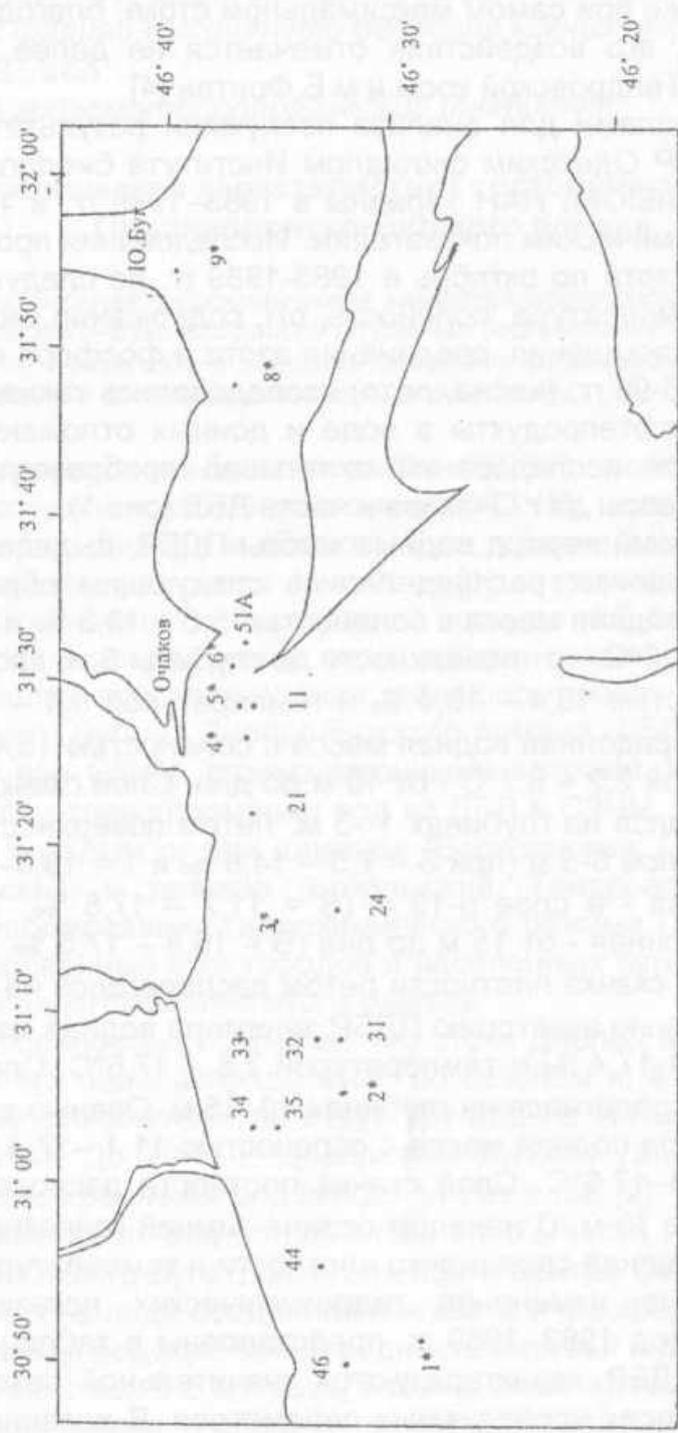


Рис.1-Схема расположения станций в Приднепровско – Бугском районе:
 а) 46 -- в 1983 – 1989 гг.
 б) 1* - в 1995 – 1996 гг.

держание кислорода - до 11,94 мг/л (162,45 % насыщения). В придонном слое в летний и осенний периоды отмечался дефицит кислорода, что приводило к заморным явлениям. Минимальное значение содержания кислорода было в июне 1989 г. – 0,09мг/л (1,54 % насыщения). От весны к осени отмечалось увеличение среднего содержания минерального фосфора как в поверхностном, так и в придонном слоях, при значительной неоднородности его пространственного распределения. Весенний минимум минерального фосфора, очевидно, связан с развитием

Таблица 1 - Диапазоны изменений и средние величины гидрохимических показателей в Приднепровско - Бугском районе в 1983- 1989 гг

Показатель	Весна		Лето		Осень	
	поверхность	дно	поверхность	дно	поверхность	дно
t °С	<u>1.2-17.6</u> 9,7	<u>1.2-15.6</u> 7,1	<u>8.2-26.4</u> 20,2	<u>5.2-22.6</u> 14,4	<u>10.2-18.7</u> 15,6	<u>7.8-18.1</u> 14,2
S, ‰	<u>1.00-16.25</u> 8,32	<u>6.77-17.86</u> 14,57	<u>1.00-17.93</u> 10,79	<u>1.00-18.02</u> 15,44	<u>5.77-16.74</u> 12,51	<u>11.84-17.37</u> 16,07
O ₂ , мг/л	<u>4.99-11.94</u> 8,97	<u>3.08-9.80</u> 7,09	<u>4.19-9.12</u> 6,24	<u>0.09-7.27</u> 3,28	<u>5.10-12.80</u> 6,74	<u>1.76-6.68</u> 4,53
O ₂ , %	<u>11.76-162.45</u> 115,08	<u>39.69-124.</u> 58 91,88	<u>57.84-157.80</u> 105,37	<u>1.54-117.95</u> 52,95	<u>13.86-133.51</u> 95,40	<u>10.65-102.9</u> 66,30
pH	<u>8.15-9.16</u> 8,57	<u>7.98-8.80</u> 8,30	<u>8.18-9.12</u> 8,64	<u>7.72-8.55</u> 8,11	<u>8.07-8.75</u> 8,38	<u>7.75-8.40</u> 8,16
PO ₄ , мг/л	<u>0-0.140</u> 0,034	<u>0-0.083</u> 0,022	<u>0.008-0.186</u> 0,50	<u>0-0.124</u> 0,036	<u>0.002-0.179</u> 0,060	<u>0.010-0.145</u> 0,057
P _{орг} , мг/л	<u>0.006-0.310</u> 0,03	<u>0-0.109</u> 0,023	<u>0.007-0.091</u> 0,032	<u>0.005-0.126</u> 0,029	<u>0-0.162</u> 0,032	<u>0.007-0.189</u> 0,049
NH ₃ , мг/л	<u>0.018-0.670</u> 0,278	<u>0.018-0.705</u> 0,256	<u>0.010-0.650</u> 0,217	<u>0.44-0.710</u> 0,282	<u>0.050-0.890</u> 0,252	<u>0.026-0.950</u> 0,259
NO ₂ , мг/л	<u>0-0.037</u> 0,004	<u>0-0.009</u> 0,003	<u>0-0.013</u> 0,004	<u>0-0.015</u> 0,005	<u>0.002-0.011</u> 0,006	<u>0-0.013</u> 0,006
NO ₃ , мг/л	<u>0.001-0.976</u> 0,056	<u>0-0.321</u> 0,028	<u>0.001-0.044</u> 0,011	<u>0-0.045</u> 0,011	<u>0.004-0.034</u> 0,014	<u>0.003-0.073</u> 0,022
N _{орг} , мг/л	<u>0-2.900</u> 0,481	<u>0-0.840</u> 0,363	<u>0.090-2.380</u> 0,527	<u>0.065-2.085</u> 0,534	<u>0.100-2.000</u> 0,695	<u>0.070-0.810</u> 0,598

Примечание: числитель - пределы колебаний концентраций, знаменатель - среднее значение.

продукционных процессов, а осенний максимум можно объяснить поступлением фосфора минерального из донных отложений вследствие десорбции при дефиците кислорода в придонном слое моря. Весной средний уровень содержания органического и минерального фосфора как в поверхностном, так и в придонном слоях, соизмерим, а в летний и осенний периоды преобладала минеральная форма. Распределение различных форм азота также характеризуется значительной пространственной неоднородностью. Основной формой азота во всей водной толще ПДБР был азот органический. Высокие концентрации азота органического в летний и осенний периоды в поверхностном слое связаны с развитием фотосинтетических процессов, и в придонном слое с седиментацией органического вещества и со снижением интенсивности деструкционных процессов в условиях дефицита кислорода. Значительные концентрации азота - аммонийного в придонном слое ПДБР в летний период связаны с развитием процессов аммонификации при дефиците кислорода у дна. Отмечено локальное превышение ПДК по аммиаку в 13,4 раза в поверхностном слое в марте 1986 г., в придонном слое - в 19 раз в сентябре 1987 г.

Исследования 1995-96 гг. показали, что в изучаемом районе средняя температура поверхностного слоя воды в июне 1995 г. составляла 21,5°C, в мае 1996г. - 20,4°C, средняя температура придонного слоя - 14,2°C и 15,0°C соответственно. По разрезу лиман - море соленость поверхностного слоя в июне изменялась от 0,5 до 12,7 ‰, придонного - от 1,9 до 16,4 ‰. В мае соленость изменялась в поверхностном слое в пределах 2-10 ‰, в придонном - 9 - 15 ‰. Влияние речного стока на ПДБР в 1995 г. было более выражено.

В таблице 2 представлены пределы колебаний гидрохимических показателей в ПДБР в 1995-1996 гг. Сравнивая их с данными, представленными в таблице 1, можно отметить, что в летний период 1995-1996 гг. произошло улучшение кислородного режима во всей водной толще ПДБР, уменьшилось более, чем в 2 раза, содержание азота-аммонийного в июне 1995 г. и на порядок в мае 1996 г. Превышений ПДК по рассматриваемым показателям не отмечалось.

Гидрохимические исследования, проведенные в июне 1995 г. и в мае 1996 г. в ПДБР, показали, что внутрисезонная направленность процессов сохраняется.

Таблица 2 - Диапазоны изменений и средние величины гидрохимических показателей в Приднепровско - Бугском районе в 1995-1996 гг.

Показатель	Июнь 1995г.		Май 1996г.	
	поверхность	дно	поверхность	дно
t, °C	<u>18.8-22.9</u> 21,5	<u>7.4-20.3</u> 14,2	<u>19.8-20.9</u> 20,4	<u>13.8-16.2</u> 15,0
S, ‰	<u>0.46-12.70</u> 5,43	<u>1.90-16.42</u> 1,77	<u>2.00-10.00</u> 4,82	<u>9.00-15.00</u> 12,82
Взвешенное вещество, мг/л	<u>3.0-10.3</u> 6,1	<u>1.3-9.2</u> 4,3	<u>3,3-4,9</u> 4,1	<u>2.4-4.4</u> 3,4
O ₂ , мг/л	<u>8.61-11.30</u> 10,12	<u>2.21-9.22</u> 6,64	<u>8.20-10.40</u> 9,16	<u>5.20-8.96</u> 7,61
pH	<u>8.37-9.11</u> 8,67	<u>7.87-8.35</u> 8,07	<u>8.60-9.22</u> 8,86	<u>8.17-8.50</u> 8,43
PO ₄ ⁻ , мг/л	<u>0-0.044</u> 0,017	<u>0-0.190</u> 0,045	<u>0.028-0.068</u> 0,045	<u>0.011-0.047</u> 0,026
P _{орг} , мг/л	<u>0.018-0.128</u> 0,047	<u>0-0.143</u> 0,077	-	-
NH ₄ ⁺ , мг/л	<u>0.030-0.175</u> 0,095	<u>0.030-0.240</u> 0,120	<u>0.011-0.151</u> 0,044	<u>0.009-0.057</u> 0,029
NO ₂ ⁻ + NO ₃ ⁻ , мг/л	<u>0.012-0.090</u> 0,043	<u>0.010-0.090</u> 0,046	-	-
NO ₂ ⁻ , мг/л	-	-	<u>0.001-0.002</u> 0,001	<u>0.001-0.003</u> 0,002

Примечание: числитель - пределы колебаний концентраций, знаменатель - среднее значение.

Наблюдения за загрязнением морских вод и донных отложений нефтепродуктами и тяжелыми металлами проводились, в основном, в июне 1995 г. В мае 1996 г. данные по этим показателям получены только для ДБЛ-ст. 8 и 9. Концентрации нефтепродуктов в воде в июне 1995 г. в ПДБР в поверхностном слое изменялись в пределах 0,03-0,11 мг/л (до 2,2 ПДК), в придонном слое - от 0,01 до 0,12 мг/л (до 2,4 ПДК). Содержание нефтепродуктов в донных отложениях в этот период было в пределах 1,2-8,22 мг/г. В мае 1996 г. концентрация нефтепродуктов в воде на ст. 8 и 9 составляла 0,06-0,11 мг/л в поверхностном слое и 0,05- 0,16 мг/л в придонном, что примерно в два раза больше, чем отмечалось на этих же станциях в 1995 г. Содержание нефтепродуктов в донных отложениях на ст. 8 и 9 в 1996 г. Составляло 0,91-3,89 мг/г. Согласно классификации [5],

безопасный уровень содержания нефтепродуктов в донных осадках шельфовой зоны Черного моря составляет 0,5 мг/л. Таким образом, по данным съемок 1995 и 1996 гг. отмечается повсеместное превышение предельно допустимого уровня. Максимальное содержание (8,22 мг/г) отмечено в июне 1995 г. на ст.6 в устьевой зоне ДБЛ. Загрязненные донные отложения могут служить источником вторичного загрязнения морской воды нефтепродуктами, а так же причиной негативных изменений в донных биоценозах, вплоть до их полной деградации.

Загрязнение экосистемы ПДБР тяжелыми металлами анализировалось по содержанию в воде растворенной (регламентируемой) и взвешенной форм меди, цинка, никеля и кадмия, а также по их накоплению в донных отложениях. Анализ показывает, что в исследуемый период содержание перечисленных металлов в растворенной форме практически не превышало ПДК. Взвешенная форма цинка преобладала над растворенной, и характер распределения взвешенной формы цинка в основном аналогичен характеру распределения взвешенного вещества. Как и в случае с нефтепродуктами, высокое содержание тяжелых металлов отмечается в донных осадках (рис.2). Распределению меди, цинка и никеля в донных отложениях примерно одинаковое. Максимальное накопление отмечалось на станциях 1 (зонд влияния Одесского порта), 6 и 9 (зоны оседания загрязняющих веществ на взвеси в результате падения гидравлического напора при выходе из Южного Буга и ДБЛ).

Исследования, выполненные в устьевых районах рек и лиманов на границе река - море, показали, что в районе изохалин 2-6‰ происходит разгрузка минеральных и органических соединений, поступающих со стоком рек [6]. Нами были рассмотрены изменения гидрохимических характеристик в поверхностном слое ПДБР в зависимости от изменения солёности и поверхностном слое моря по следующим градациям:

I-< 10 ‰ (зона, располагающаяся до гидрофронта);

II - 10 - 12 ‰ (зона гидрофронта);

Ш-> 12 ‰(зона за пределами гидрофронта) [7].

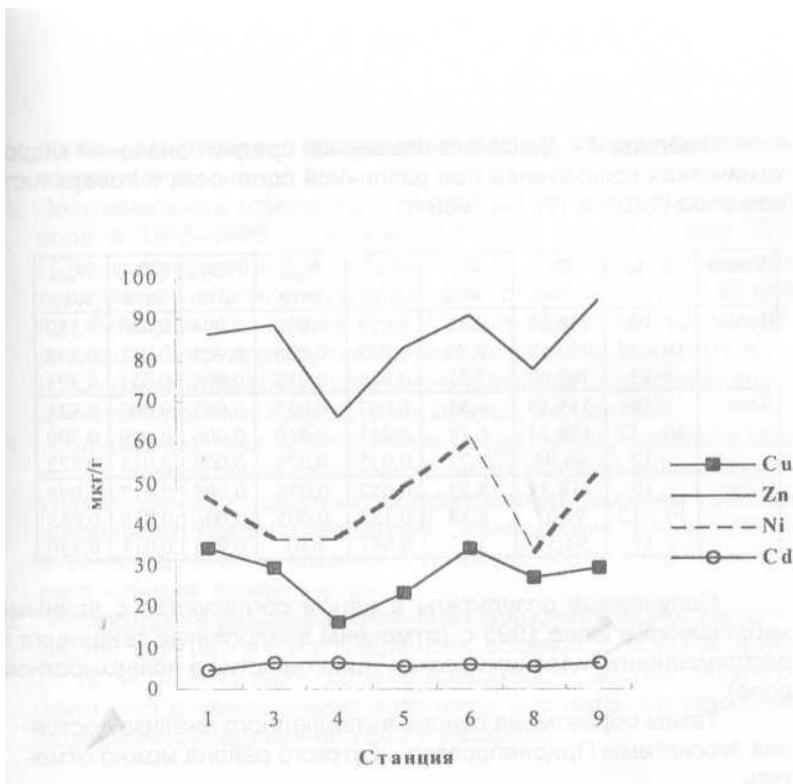


Рис.2 - Содержание тяжелых металлов в донных отложениях в Приднепровско-Бугском районе в 1995 г.

Как видно из таблицы 3, с увеличением солености воды, с удалением от Днепровско - Бугского лимана практически постоянно отмечается уменьшение концентраций всех перечисленных показателей. Концентрации азотсодержащих соединений снижаются в 1,2-1,4 раза, фосфорсодержащих - в среднем в 1,5 раза. Временное смещение и перераспределение речного стока Днепра после его зарегулирования привело к осолонению срединной части ДБЛ. Это обеспечило разгрузку биогенных веществ в самом ДБЛ и приустьевой зоне ПДБР в диапазоне солености до 10 ‰. Таким образом, в летний период произошло заметное сокращение поступления биогенных веществ непосредственно в ПДБР, что ограничило развитие продукционных процессов и является положительным фактором, лимитирующим эвтрофирование этой акватории моря.

Таблица 3 - Динамика изменения средних значений гидрохимических показателей при различной солености в поверхностном слое ПДБР в 1983 - 1989 гг.

Сезон	Б, ‰	O ₂ , %	O ₂ мг/л	PO ₄ ³⁻ мг/л	P _{орг} , мг/л	NO ₂ ⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻ , мг/л	N _{орг} , мг/л
Весна	< 10	118,89	9,86	0,053	0,050	0,004	0,080	0,580
	10-12	113,12	8,70	0,025	0,026	0,003	0,031	0,398
	> 12	108,09	7,51	0,019	0,017	0,006	0,031	0,371
Лето	< 10	115,30	6,81	0,067	0,035	0,005	0,009	0,621
	10-12	108,34	6,18	0,045	0,019	0,006	0,009	0,390
	> 12	96,94	5,77	0,035	0,028	0,003	0,013	0,422
Осень	< 10	118,31	8,33	0,052	0,078	0,008	0,017	1,096
	10-12	94,07	6,18	0,138	0,005	0,006	0,018	0,685
	> 12	94,57	5,97	0,047	0,01	0,005	0,011	0,430

Полученные результаты в целом согласуются с данными наблюдений в июне 1995 г. (отмечены аналогичные тенденции и распределения гидрохимических характеристик в поверхностном слое).

Таким образом, на основе выполненного анализа состояния экосистемы Приднепровско - Бугского района можно отметить:

1. По данным гидрохимических наблюдений в 1983-1989 гг. и Приднепровско-Бугском районе в весенний и летний периоды в поверхностном слое воды наблюдалось повышенное содержание кислорода - до 11,94 мг/л (162,45 % насыщения). В придонном слое в летний и осенний периоды часто отмечался дефицит кислорода, что могло стать причиной заморных явлений. Основной формой азота был азот органический, соотношение минеральной и органической форм фосфора соизмеримы. Высокие концентрации азота-аммонийного в придонном слое района в летний и осенний периоды связаны с развитием процессов аммонификации при дефиците кислорода. Отмечено превышение ПДК по аммиаку в 13,4 раза в поверхностном слое в марте 1986 г., в придонном слое - в 19 раз в сентябре 1987 г.

2. Исследования, проведенные в 1995-1996 гг., показали улучшение кислородного режима в летний период во всей водной толще ПДБР. Ухудшения гидрохимических условий не наблюдалось. Не отмечено

превышений ПДК по рассматриваемым показателям.

3. Максимальные отмеченные концентрации нефтепродуктов в воде в 1995-1996 гг. в поверхностном слое - 0,11 мг/л (2,2 ПДК), в придонном - 0,16 мг/л (3,2 ПДК). В донных отложениях содержание нефтепродуктов было в пределах 0,91 - 8,22 мг/г при безопасной концентрации 0,5 мг/л. При таком уровне содержания нефтепродуктов донные отложения могут служить источником вторичного загрязнения морской воды нефтепродуктами и причиной деградации донных биоценозов.

4. Содержание тяжелых металлов (меди, цинка, никеля и кадмия) в водной среде практически не превышало нормативного уровня. Донные осадки характеризовались высоким уровнем накопления тяжелых металлов. Наибольшие концентрации отмечались в зоне влияния Одесского порта и на границах река - лиман, лиман - море.

5. Рассмотрена динамика изменения гидрохимических характеристик при различных градиентах солености морской воды (< 10‰; 10-12‰; > 12 ‰) в поверхностном слое. Установлено, что с увеличением солености наблюдается снижение содержания соединений азота и фосфора.

Литература

- 1 Михайлов В.Н. Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее. - М.: ГЕОС, 1997. - 413 с.
- 2 Журавлева Л.А. Гидрохимический режим /Днепровско- Бугская эстуарная экосистема. - К.: Наукова думка, 1989. - С. 40-77.
- 3 Тимченко В.М. Абиотические компоненты экосистемы. Гидрологический режим /Днепровско-Бугская эстуарная экосистема.-К.: Наукова думка, 1989.- С. 13-29.
- 4 Гаркавая Г.П., Богатова Ю.И., Буланая З.Т. Особенности гидрохимического режима Приднепровско-Бугского района в условиях антропогенного эвтрофирования //Материалы XXVIII гидрохимического совещания. - Ростов-на-Дону, 1983. -С. 18-19.
- 5 Миронов О.Г., Миловидова Н.Ю., Кирюхина Л.Н. О предельно допустимых концентрациях нефтепродуктов в донных осадках прибрежной зоны Черного моря //Гидробиологический журнал. - 1986. - Т.22, №6. - С. 76 - 78

6.Гордеев В.В. Речной сток в океан и черты его геохимии М.: Наука, 1983. - 159 с.

7.Большаков В.С. Трансформация речных вод в Черном море К.: Наукова думка, 1970. - 328 с.

**Hydrochemical characteristic of the ecosystem state
of the Dniper-Bug region**

Berlinsky N.A., Bogatova Y.I., Ryasinceva N.I., Chugai A.V.

The comparative characteristic of the ecosystem state of the Dniper-Bug; region by investigation data of 1983-1989 and 1995-1996 is given. The change dynamics of the hydrometeorological indices in various gradations of the sea water salinity is considered.