

ОЦЕНКА ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДНЕПРОВСКО-БУГСКОМ ЛИМАНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА

*Александрова Н.Г., Степкова В.В.,
Херсонская государственная морская академия*

Рассмотрены возможности использования корреляционного анализа для оценки закономерностей распределения органического вещества при учете фактора глубины и особенностей разных районов Днепровско-Бугского лимана.

Ключевые слова: корреляционный анализ, коэффициент корреляции, органическое вещество, хлориды, перманганатная окисляемость.

Постановка проблемы. Обеспечение экологической безопасности, защита низовья Днепра и Южного Буга от техногенного влияния обуславливает необходимость исследования особенностей формирования гидрохимического режима в Днепровско-Бугском лимане, с целью выявления взаимосвязи органического вещества и солености в этом лимане от различных гидрологических факторов.

Анализ последних исследований и публикаций. Статья написана на основании данных исследований 1981-2007гг., в том числе данных мониторинга 1985-88гг. В ее основу положены материалы, характеризующие органическое вещество по показателям перманганатной окисляемости, как в различных районах лимана, так и по-слоyno. Поскольку в Днепровско-Бугском лимане постоянно присутствуют сгонно-нагонные явления, кроме того синхронно анализировались материалы по изменению солености по хлоридам, что помогло выявить уровень взаимосвязи органического вещества в лимане и солености. Для исследований взяты средние по водности годы. В 1985 исследования проводились в августе, а в 1986 и 1987 гг. они затронули все летние месяцы и октябрь, в 1988 г. исследования проводились в апреле. Отбор проб воды производился по-слоyno.

Постановка задачи. Использование корреляционного анализа определяется необходимостью выявления закономерностей распределения органического вещества в лимане. При этом использование компьютерных технологий обеспечивает возможность быстрого выявления линейных зависимостей между факторами.

Изложение основного материала. Одной из главных задач при статистической обработке гидрохимических данных является определение и оценка зависимости между концентрациями разных компонентов и факторами их формирования.

Для того, чтобы определить, существует ли линейная зависимость между рассматриваемыми компонентами необходимо провести корреляционный анализ.

Для количественной оценки корреляционной связи используют коэффициент корреляции (R). Коэффициент корреляции, или индекс

корреляції, показує, наскільки значимим є вплив змінної x_i на y_i (де y_i – фактичні індивідуальні значення результуючого показателя, x_i – фактичні індивідуальні значення входячого показателя). Чим ближче коефіцієнт кореляції до одиниці, тим тесніє зв'яз між незалежною та залежною змінними.

Якщо зв'яз між результуючим та входячим показателями лінійний, то використовується лінійний коефіцієнт кореляції (r). Значення r лежить в діапазоні від -1 до $+1$. При $r = 0$ змінні не можуть мати лінійної кореляційної зв'язи. Степень тесноти їх лінійної залежності зростає при наближенні r до ± 1 . Якщо $r > 0$, то зв'яз між показателями прямий, якщо $r < 0$ – зворотний [1].

Дніпровсько-Бугська устьєва область включає в себе низов'є Дніпра з поймою, розвитою дельтою, мноством пойменних водоемів (протяженість 102 км, площа 492 км²) та устьєм р. Інгулець, низов'є Ю. Буга (протяженість 132 км) та Дніпровсько-Бугський естуарій-ліман (протяженість 63 км, площа 928 км²) з Дніпровським (55 км) та Бугським (47 км) отрогами. Унікальний ландшафт, багатство флори та фауни Дніпровсько-Бугської устьєвої області обумовлені її геологічним прошлым: трансгресіями (наступленнями) та регресіями (отступленнями) морських вод, переміщенням русла та устьє древнього Дніпра з сходу до заходу.

Специфічною особливістю формування гідрохімічного режиму, та зокрема, режиму органічного речовини в Дніпровсько-Бугському лимані є його висока біологічна продуктивність, що пов'язано з біологічними циклами розвитку водних організмів в течение року, надходження річкового стоку з Каховського водохранилища, замикаючого дніпровський каскад водохранилищ та наявність постійного контакту з Чорним морем, супроводжуваного процесами зміщення річкових та морських водних мас. Наблюдаємі в водоемі сгонно-нагонні явища сприяють активізації процесів формування органічного речовини за рахунок розкладання високої біомаси планктонних організмів [2, 3, 4], а також седиментації та коагуляції. Всі ці фактори створюють сприятливі умови для розвитку та життєдіяльності рослинних та тваринних водних організмів.

Екологічна безпека, захист низов'є Дніпра та Южного Буга від повного знищення, безпека судоходства – всі ці проблеми потребують комплексного рішення. Для Дніпровсько-Бугського лиману, до сьогоднішнього дня, не вирішена проблема складування, екологічно безпечної зберіжки та утилізації донного іла – сапропелю. Він утворюється в величезних кількостях в процесі розкладання органічного речовини.

На основі аналізу попусків води з нижнього б'єфа Каховської ГЕС за період з 1955 по 2010 рр. виявлено, що річний стік Дніпра в нижньому б'єфі Каховської ГЕС в середньому становить 43 км³. Однак на протяженні всього цього великого періоду зустрічаються як багатоводні роки, так і

маловодные годы. Так, многоводными были 1958г. (66 км^3), 1971г. – 82, 1982 – 59, 1998 – 57, 1994 – 52 км^3 . Маловодными годами являются 1960 – 23 км^3 , 1964 – 26, 1972 – 26 км^3 , 1984 – 24, 1992– 25, 1997 г. – 29 км^3 .

Несмотря на подобные колебания годового стока не менее важно для происходящих в лимане процессов – внутригодовое распределение стока. Исследованиями ученых Института гидробиологии НАН Украины выявлено, что для поддержания самоочищающей способности Днепровско-Бугской устьевой области, расходы воды в нижнем бьефе Каховской ГЭС не должны быть менее $500 \text{ м}^3/\text{с}$. Однако в некоторые годы особенно в летнее время таковые встречаются, что показано в таблице 1. На примере приведенных материалов видно, что в летний период, а иногда начиная с весны, расходы в нижнем бьефе Каховской ГЭС понижаются до минимума, т.е. находятся в пределах: $450 - 600 \text{ м}^3/\text{с}$. Как правило, такие низкие попуски относятся не только к маловодным годам, но и к средним по водности и даже к многоводным.

Таблица 1 – Внутригодовое распределение стока воды в нижнем бьефе Каховской ГЭС

Среднемесячные расходы воды в низовье Днепра, $\text{м}^3/\text{с}$													
года		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Годовой сток, км^3
1957	979	1360	1880	2560	2740	1470	1150	826	510	710	695	1650	43,7
1959	2410	1870	2490	2050	1720	1400	523	424	424	697	1050	1520	43,7
1960	560	800	1380	1450	408	358	498	303	250	583	684	1440	23,0
1965	1360	1260	1180	898	470	580	503	715	737	977	1250	938	28,7
1967	1800	2190	2830	2190	2950	1520	746	557	524	672	1120	1090	48,2
1968	1600	1890	2060	1130	1530	862	585	481	686	895	1320	1300	37,7
1972	2340	1350	449	528	732	468	501	434	548	877	883	997	26,7
1979	1991	2288	2657	4676	3695	851	384	585	580	602	993	1139	49,5
1984	672	1772	724	448	414	359	477	555	662	500	946	1545	23,9
1985	1920	1869	1911	1004	1101	1555	1307	987	635	865	1714	1579	43,4
1986	1650	1891	2272	1845	2243	1376	614	391	394	843	944	1166	41,3
1987	1619	1372	1309	480	1130	1760	1200	639	781	1107	1313	1143	36,6
1990	1098	1403	1325	1514	1160	685	571	579	564	1172	1154	2095	35,2
1999	2099	2337	2700	3210	3313	1559	1049	529	547	1122	1549	1798	57,6
2002	1193	1742	1342	1587	809	797	503	525	588	878	1355	1027	32,7
2007	1569	1512	1770	1108	1164	769	537	514	549	926	1363	1170	35,4

Кроме попусков Каховской ГЭС, влияющих на формирование гидрохимического режима Днепровско-Бугского лимана немаловажное значение в распределении органического вещества играет неравномерность дна в самом лимане. Особенность лимана в том, что по его дну проходит судоходный канал как до г. Херсона, так и до г. Николаева. Глубины канала колеблются от 11 до 14 м. (рис. 1)

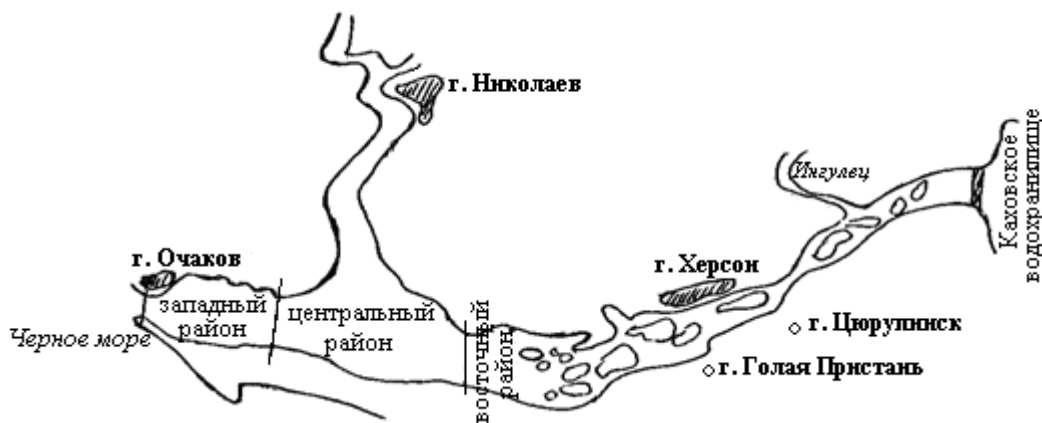


Рисунок 1 – Карта-схема устьевой области Днепра

Наблюдения показали, что при проникновении морской воды в лиман происходит расчленение его водной массы на два плотностных слоя, различных по своим физическим и химическим свойствам: вверху – пресная, внизу – соленая. При этом увеличиваются вертикальные и горизонтальные градиенты содержания в воде хлорид-ионов до $6-9 \text{ г/дм}^3$. Устойчивость плотностной стратификации слоев определяется не только величиной объема попусков воды из Каховского водохранилища в нижний Днепр, но и амплитудой суточных колебаний этого объема. Если они достигают $1000 \text{ м}^3/\text{с}$ и более, то стратификация теряет свою устойчивость, линия раздела становится волнообразной, а слой смешенной воды начинает захватывать все более значительные участки акватории (рис. 1). В этом случае максимальная концентрация органического вещества наблюдалась в западном районе, заполненном морской водой, в котором оно содержится по всей толще воды в концентрациях $19,0-20,0 \text{ мгО/дм}^3$. Такое распределение создается в результате действия двух противоположно направленных процессов: волнообразного поступления со стороны Днепра массы речной воды и препятствующего ее продвижению плотной массы, морской. Это приводит к скоплению в западном района сестона, относительно равномерному распределению его по глубине и снижению интенсивности процессов минерализации органического вещества. Концентрация органического вещества уменьшается к устью Днепра: в центральном районе – до $10,0-13,0 \text{ мгО/дм}^3$, а в восточном – $5,5-8,0 \text{ мгО/дм}^3$. На основании мониторинга были выявлены зависимости органического вещества и хлоридов в канале, которые показали что наиболее тесная корреляционная зависимость органического вещества, как растворенного, так и взвешенного, от хлоридов прослеживается по всему лиману в 4-х метровом слое воды, при этом наиболее сильная связь растворенного органического вещества от солености определена в восточном районе, а слабая – в центральном районе Днепровского лимана [3, 5].

Основными факторами формирования режима органического вещества является сток Днепра и Южного Буга, водообмен с Черным морем, гидрометеорологические условия в исследуемом районе, жизнедеятельность гидробионтов. Высокая концентрация органического вещества за период

исследований обусловлена не только изменением внутригодового перераспределения стока, так и увеличившимся количеством автохтонного органического вещества.

Гидрометеорологические условия (температура, водообмен, направление ветра, сгонно-нагонные явления) оказывают влияние на содержание и распределение органического вещества по акватории лимана. Концентрация органического вещества в значительной степени зависит от суммы температур к моменту исследований, от чего зависит уровень развития гидробионтов, в частности фитопланктона и макрофитов.

Необходимо отметить, что связь концентрации органического вещества с температурой зависит от других одновременно действующих факторов, в частности, наличия температурной и плотностной стратификации в водоеме.

Проанализировав данные за 1981-1985 гг. были построены линейные модели парной регрессии [7]:

I. Зависимость значений взвешенного органического вещества (ВОВ) от хлоридов (Cl) по створам учитывая фактор глубины, т.е модель вида $BOB = f(CL)$.

Доказано, что связи между факторами уменьшаются от поверхности ко дну лимана. Коэффициент корреляции в поверхностном слое и на глубине 4 м соответствует значению близкому к 0,5. Уравнение регрессии при этом имеют следующий вид: 1) на поверхности: $BOB = 5,578 - 0,0036 Cl$; 2) на глубине 4 м: $BOB = 2,585 - 0,0044 Cl$.

Графики, на которых отложены исходные данные и теоретические прямые, соответствующие полученным уравнениям, приведены на рис. 2, 3.

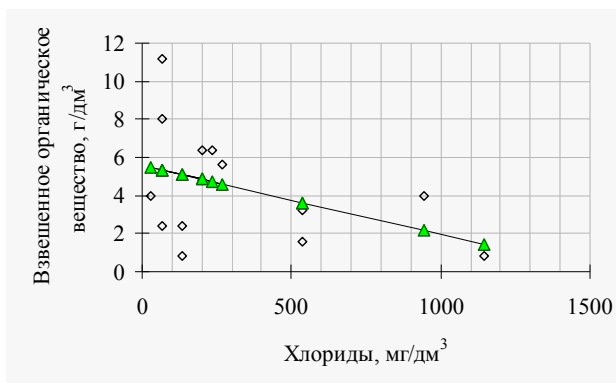


Рисунок 2 – Зависимость взвешенного органического вещества от хлоридов в поверхностном слое лимана

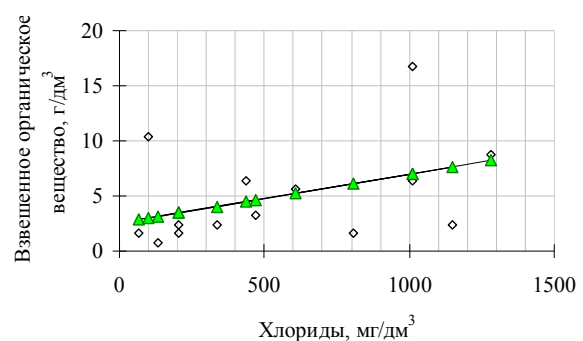


Рисунок 3 – Зависимость взвешенного органического вещества от хлоридов в четырехметровом слое лимана

II. Зависимость значений растворенного органического вещества (РОВ) от хлоридов (Cl) по створам учитывая фактор глубины, т.е модель вида $POB = f(CL)$.

Проведенные исследования показали, что наиболее тесная связь между факторами прослеживается на глубине 4 м (рис. 4). Коэффициент корреляции при этом $r = 0,4$. Уравнение регрессии имеет вид: $POB = 11,446 - 0,0041 CL$.

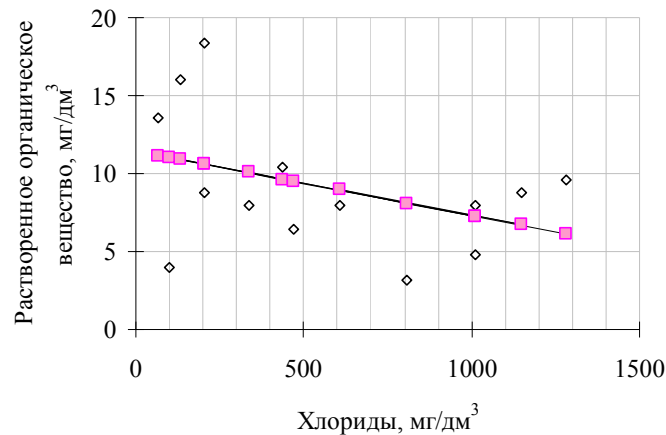


Рисунок 4 – Зависимость растворенного органического вещества в четырехметровом слое лимана

III. Зависимость ВОВ от хлоридов, при учете разных районов лимана.

Были рассмотрены западный, центральный и восточный районы. Определено, что самая слабая связь наблюдается в центральном районе, что обусловлено неустойчивой гидрологической ситуацией и влиянием Бугского лимана. Более тесная связь присутствует в восточном районе ($r = 0,45$; рис. 5)

IV. Зависимость РОВ от хлоридов, при учете разных районов лимана. В этом случае слабая связь – в центральном районе, а самая сильная связь – в восточном районе лимана ($r = 0,65$; рис. 6)

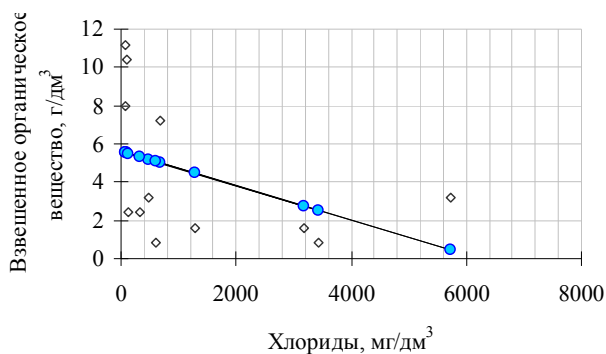


Рисунок 5 – Зависимость значений взвешенного органического вещества от хлоридов в восточном районе лимана

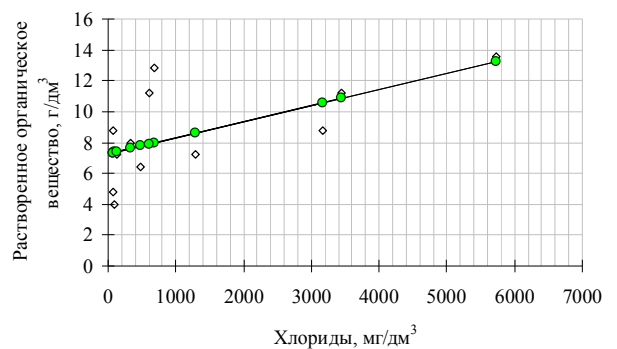


Рисунок 6 – Зависимость значений растворенного органического вещества от хлоридов в восточном районе лимана

Как видно из графиков, а также значений коэффициентов корреляции достаточно тесная связь наблюдается в модели $POB = f(CL)$ в восточном районе лимана (рис. 6).

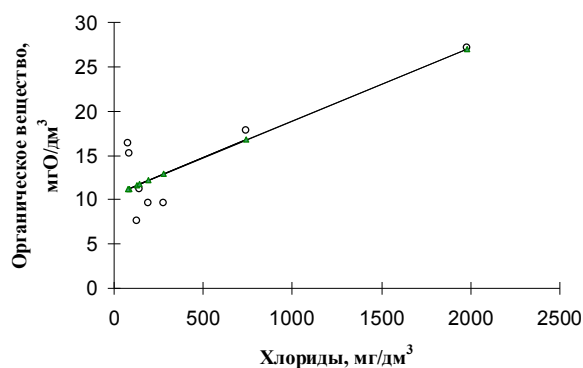


Рисунок 7 – Зависимость значений органического вещества от хлоридов по акватории восточного района Днепровского лимана в поверхностном слое на фарватере

$$OB = 10,5810 + 0,0082Cl$$

$$r = 0,8522$$

- правый берег: $OB =$

$$6,9649 + 0,0083Cl$$

$$r = 0,8628$$

- левый берег: $OB =$

$$9,8229 + 0,0067Cl$$

$$r = 0,2463$$

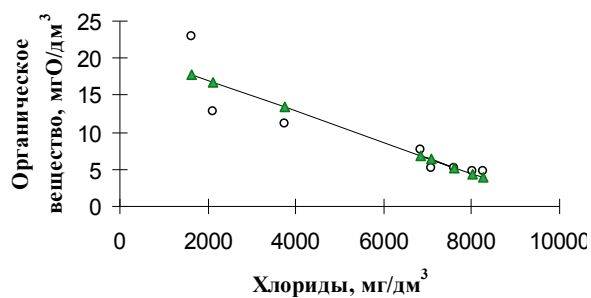


Рисунок 8 – Зависимость значений органического вещества от хлоридов по акватории центрального района Днепровского лимана в придонном слое на фарватере

$$OB = 21,2334 + 0,0021Cl$$

$$r = 0,9053$$

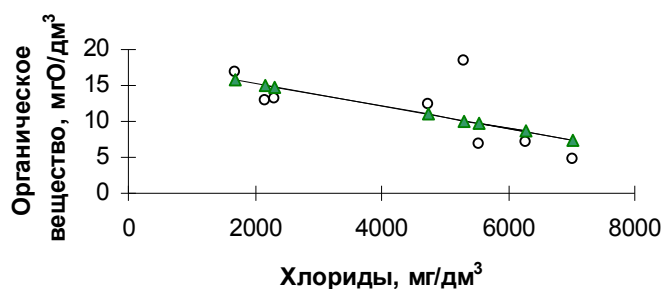


Рисунок 9 – Зависимость значений органического вещества от хлоридов по акватории Бугского лимана в придонном слое на фарватере

$$OB = 18,2783 - 0,0015Cl$$

$$r = 0,6459$$

Выводы. Таким образом, наиболее тесная корреляционная зависимость органического вещества, как растворенного, так и взвешенного, от хлоридов прослеживается по всему лиману в 4-х метровом слое воды, при этом наиболее сильная связь растворенного органического вещества от солености определена в восточном районе, а слабая – в центральном районе Днепровского лимана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лугінін О. Є. Економетрія : навч. пос. – К. : Центр учбової літератури, 2008. – 278 с.
2. Жукинский В. Н., Журавлева Л. А., Иванов А. И. и др. Днепровско-Бугская эстуарная система. – К. : Наукова думка, 1989. – 374 с.
3. Журавлева Л. А. Гидрохимия устьевой области Днестра и Южного Буга в условиях зарегулированного стока. – К. : Наук. думка, 1988. – 176 с.
4. Тимченко В. М. Эколого-гидроэкологические исследования водоемов Северо-Западного Причерноморья. – К.: Наук. думка, 1990. – 240 с.
5. Александрова Н. Г. Роль стока органического вещества из р. Днепр в Черное море как результат влияния производственной деятельности : Матеріали другої Міжнародної науково-практичної конференції [Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010)], Том 2. – Херсон: Видавництво Херсонського державного морського інституту, 2010. – 348 с.
6. Александрова Н. Г., Степкова В. В. К вопросу о закономерностях распределения органического вещества в Днепровском лимане : Збірник наукових статей до Міжнародної науково-практичної конференції [Екологічні проблеми Чорного моря (28-29 жовтня 2010, Одеса)]. – Одеса : Інноваційно-інформаційний центр «ІНВАЦ», 2010. – С. 310.
7. Шалабанов А. К., Роганов Д. А. Практикум по эконометрике с применением Ms Excel. – Казань : ТИСБИ, 2008. – 53 с.

Александрова Н.Г., Степкова В.В. ОЦІНЮВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ РОЗПОДІЛУ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ В ДНІПРОВСЬКО-БУЗЬКОМУ ЛИМАНІ З ВИКОРИСТАННЯМ КОРЕЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ

Розглянуті можливості використання кореляційного аналізу для оцінювання залежностей розподілу органічної речовини із урахуванням фактору глибини та особливостей різних районів Дніпровсько-Бузького лиману.

Ключові слова: кореляційний аналіз, коефіцієнт кореляції, органічна речовина, хлориди, перманганат на окисність.

Alexandrova N.G., Stepkova V.V. ASSESSMENT OF IN THE DNIEPER-BUG ESTUARY BY MEANS OF CORRELATION ANALYSIS

The article considers the possibilities of correlation analysis for assessment of regularities of organic matter distribution with regard to depth factor and peculiarities of different Dnieper-Bug Estuary areas.

Keywords: correlation analysis, correlation index, organic matter, chlorides, chemical oxygen demand with permanganate as the oxidant.