

УДК 551.49

**Н.А. Берлинский**, докт. географ., наук, ст. науч. сотр., 1-й зам. директора, Украинский научный центр экологии моря Минэкологии и природных ресурсов, Французский бульвар, 89, Одесса, 65009, Украина

## УСТЬЕВЫЕ ОБЛАСТИ КАК ОСОБЫЙ ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ

Рассматриваются устьевые области и дельты крупных рек, их основные особенности и степень антропогенной нагрузки. К основным современным факторам воздействия на устьевые области рек относятся антропогенное эвтрофирование устьевого взморья, внутридельтовых озер и лагун, повышение уровня Мирового океана. К серьезной проблеме относится перманентное накопление тяжелых металлов в донных отложениях устьевых областей и живых тканях рыб и животных. География, подверженных влиянию загрязнений устьевых областей, носит глобальный характер – от средиземноморских до арктических морей.

**Ключевые слова:** устьевые области и дельты крупных рек, эвтрофирование, биогенные вещества, тяжелые металлы.

### Введение

В последнее время во всем мире повысился интерес к изучению специфических природных объектов, занимающих особое место на земной поверхности – устьевых областей рек и их составной части – дельт.

Это объясняется двумя основными причинами. Во-первых, расширяется хозяйственное использование богатых земельными, водными и биологическими ресурсами устьев рек различными тяготеющими к ним отраслями народного хозяйства. Это, прежде всего сельское хозяйство (зерновое земледелие и производство овощных и технических культур на плодородных и дельтовых землях, особенно в условиях теплого климата); речной и морской водный транспорт, использующий благоприятное положение устьев рек на пересечении водных путей из морей вглубь континентов и, наоборот – из рек в моря, и портостроение, рыбное хозяйство (устья рек – места нереста, нагула и миграции многих ценных пород рыб). Кроме того устья рек используют гидроэнергетику (строительство приливных электростанций), коммунальное хозяйство (водоснабжение расположенных в устьях рек крупных портовых и промышленных центров и населенных пунктов), целлюлозная промышленность (добыча и переработка тростника), рекреация, туризм, охота и т.д.

*Целью настоящей работы* является научный обзор, посвященный вопросам особенностей и общих закономерностей, присущих устьевым областям крупнейших устьевых областей Мирового океана.

*Объект исследования* – основные гидролого-гидрохимические характеристики устьевых областей.

*Предмет исследования* – процессы, формирующие условия современных устьевых областей под влиянием природных и антропогенных факторов.

*Задачи исследования* – 1. Изучение характерных особенностей физико-географических условий устьевых областей. 2. Изучение факторов, влияющих на водную экосистему и выделение их антропогенной составляющей. 3. Оценка перспектив развития негативных процессов, приводящих к деградации устьевых областей.

### **Материалы и методы**

Работа представляет собой обзор литературных источников по проблеме, которые позволяют дать заключение и оценку современной проблематики крупнейших Мировых устьевых областей. В работе использован системный подход, в основе которого лежит рассмотрение объекта как системы – совокупности взаимодействующих объектов. Данный метод позволил установить закономерности совокупных взаимодействующих объектов. В обобщенном комплексном определении устьевой области реки должны быть отражены местоположение, особенности природных условий и формирующих их процессов. Использован синергетический подход, т.е. междисциплинарное научное направление, изучающее связи между элементами структуры. Комплексное определение устьевой области реки, с позиций одной какой-либо дисциплины как сложный географический комплекс дать невозможно. К настоящему времени малоизучена функциональная роль устьев рек в глобальном процессе взаимодействия вол суши и океана. Поэтому, исходя из принципов данного подхода, было произведено изучение биологической продуктивности устьевых областей при оценке прямой техногенной нагрузки на аквальные ландшафты. В работе использованы данные прямых измерений [1] полученные автором при проведении многочисленных экспедиционных исследований.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

В последнее время очень остро встала проблема охраны устьевых областей рек от истощения и загрязнения. Была подтверждена большая роль устьев рек как исключительно биологически продуктивных районов в поддержании экологического равновесия на обширных сопредельных территориях суши и акваториях морей. Остроту в проблему охраны устьев рек добавила выявившаяся совсем недавно большая уязвимость этих природных объектов по отношению к естественным и, особенно, антропогенным изменениям режима стока рек и уровня моря, а также качества вод. При этом обнаружено, что в устьевых областях происходят изменения режима и других природных условий более сильные и негативные, чем в реках и морях. Во многих случаях устья рек превратились в объекты, лимитирующие водохозяйственные мероприятия в речных бассейнах [2].

Особенности устьев рек как объектов, пограничных между реками и морями, их большая уязвимость, необходимость рационального и комплексного использования и охраны с неизбежностью требуют, чтобы не только при освоении этих объектов, но и при любых крупных водохозяйственных мероприятиях в речных бассейнах обязательно учитывались возможные экологические последствия для устьев рек. Поэтому и возросли важность и значение исследований устьев рек и прежде всего происходящих здесь гидрологических процессов, являющихся определяющими в формировании природного комплекса этих объектов [2].

Современные (голоценовые) дельты на земном шаре начали формироваться 6-8 тыс. лет назад после замедления постледникового повышения уровня Мирового океана и его относительной стабилизации. Сначала в возникших ингрессионных заливах и затопленных морем долинах (лиманах, лагунах, эстуариях) формировались дельты выполнения, а позже за пределами этих водоемов и дельты выдвигания. По данным многочисленных источников, обзор которых приведен в [4], дельты активно выдвигались в моря в холодные и влажные климатические периоды и замедляли свой рост в теплые и сухие. Ускорению выдвигания дельт способствовали увеличение стока наносов рек вследствие усиления эрозии в бассейнах рек в результате сведения лесов и распашки склонов.

Речные дельты можно считать индикаторами естественных и антропогенных изменений речного стока и уровня моря. В последнее время в связи с крупномасштабными водохозяйственными мероприятиями в бассейнах рек и повышением уровня Мирового океана, обусловленного потеплением климата, дельты многих рек мира стали подвергаться размыву и деградации. Согласно многим климатическим прогнозам [6] освоенные и густонаселенные дельты становятся одними из самых уязвимых географических объектов на Земле.

Наибольшие естественные и антропогенные изменения морфологического строения дельты в бассейнах рек, расположенных в Евразийском регионе, произошли в устьях: Дуная, Днестра, Днепра, Волги, Урала, Терека, Сулака, Куры, Риони, Дона, Кубани, Преголи, Нямунаса, Даугавы, Невы, Лены, Яны, Амура, Или, Амударьи. Наибольшие антропогенные изменения стока воды и наносов отмечены на устьевых участках рек: устьях Дуная, Днестра, Днепра, Волги, Урала, Терека, Сулака, Куры, Риони, Дона, Кубани, Даугавы, Амура, Или, Амударьи. Условия заиливания дельт изменились в наибольшей степени в устьях Волги, Урала, Терека, Сулака, Самура, Куры, Днепра, Дона, Кубани, Невы, Или, Амударьи. Усиление проникновения осолоненных вод в дельту отмечено на устьевых участках рек Днепра, Кубани, Даугавы, Яны, Индигирки, Камчатки, Амура. Причины – это либо изъятие стока, либо зарегулирование его плотиной ГЭС, либо искусственное углубление устьевого бара, либо и то и др. В дельтах Или и Амударьи наблюдается осолонение водоемов и грунтовых вод. Загрязнению подвержены устьевые участки большинства рек. Наиболее

сильное загрязнение отмечено на устьевых участках Волги, Днепра, Преголи, Нямунаса, Даугавы, Невы, Сев. Двины, Оби, Яны, Индигирки, Амура.

Природный комплекс дельт (ландшафт и биоценозы) в наибольшей степени подвергся антропогенному изменению в устьях рек Волги, Урала, Терека, Днестра, Днепра, Дона, Кубани, Даугавы, Невы, Оби, Или и Амударьи.

Режим устьевого взморья в наибольшей степени изменился в устьях рек, впадающих в Каспийское море, вследствие резкого повышения его уровня (Устье Волги, Урала, Терека, Сулака, Самура, Куры), а также в устье Амударьи из-за значительного понижения уровня Аральского моря. Радикально изменился режим устьевого взморья Невы. Условия опреснения вод и степень их загрязнения ухудшились на устьевых взморьях многих рек. Наиболее негативные изменения произошли на взморьях Волги, Урала, Терека, Куры, Днестра, Днепра, Дона, Даугавы, Невы, Амура, Или, Амударьи. Причины этого состоят как в уменьшении стока рек, так и в увеличении транзитного и местного загрязнения вод. По совокупности изменений гидролого-экологических условий реки евразийского региона можно разделить на четыре категории: с незначительными изменениями гидролого-экологических условий; умеренно измененные; сильно измененные; очень сильно измененные.

К первой группе (незначительно измененных) относится ряд устьев рек водосборов Белого, Карского морей, моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Берингова морей, пока слабо подверженных антропогенному воздействию. В этой группе оказались устья Хатанги и Анадыря, Мезени и Кулоя, Пура, Таза, Колымы.

Во вторую группу (умеренно загрязненных) попали устья рек Онеги, Лены, Сев. Двины, Печеры, Индигирки, Камчатки, Яны, Оби, Енисея, Юж. Буга, Самура. К третьей группе (сильно измененных) относятся устья рек Дуная, Риони, Преголи, Нямунаса, Амура, Днестра, Урала, Сулака, Кубани, Терека, Куры, Дона, Днепра, Даугавы, Невы, Волги, Или. И наконец, в четвертую группу (очень сильно измененных) попало устье Амударьи (сюда же относится и устье Сыр-дарьи), многие компоненты природных условий которого находятся в стадии глубокой депрессии [3].

Интенсивное хозяйственное освоение устьевых областей таких крупных рек, как Красная и Меконг (Вьетнам) требует решения ряда задач динамики вод и наносов. Исследования влияния антропогенного фактора на динамику устьевых областей этих сильнее всего проявляется при строительстве и эксплуатации судоходных каналов, использования речных вод для водоснабжения и орошения, строительстве гидроэлектростанций [5].

В зависимости от географических особенностей и климатических условий рассматриваются дельты некоторых крупных рек, характеризующиеся различными видами антропогенной и техногенной нагрузки. Экономическая целесообразность преобразований дельт не всегда очевидна, поскольку сложно

дать прогноз возможных деформаций морфологии и стока, а, следовательно, и экологических последствий.

*Дунайская дельта.* Главные антропогенные факторы, под влиянием которых происходит изменение природных комплексов Дуная на современном этапе, это различные виды нагрузки в румынской и украинской частях дельты. От степени репрезентативности их оценки зависит и степень обоснованности принятия необходимых мер для сохранения природного наследия дельты. В первую очередь деформация и деградация аквальных и субаквальных ландшафтов устьевой области Дуная обусловлена количественными и качественными изменениями стока реки, в особенности его перераспределением по рукавам. Причина этого – строительство гидротехнических сооружений, таких как гидроузлы Железные ворота 1 и Железные ворота 2. Сокращение мутности потока произошло в результате оседания взвешенных частиц в новых водохранилищах, что привело к увеличению прозрачности реки ниже по течению и, в результате усиления фотосинтеза, стало причиной развития эвтрофирования воды непосредственно в русле. Сокращение стока в Килийском рукаве привело к сокращению обводненности двух важнейших участков украинской части дельты – субаквальных ландшафтов Очаковского рукава, Старостамбульского рукава (Курильские острова) (табл. 1) и аквальных ландшафтов бухты Мусура, устьевого взморья рукава Старостамбульский. Очевидно, что основным фактором, влияющим на возможные изменения, является перераспределение стока и, соответственно, уровня в рукавах. В оценках возможного перераспределения стока заинтересованы биологи, занимающиеся вопросами сохранения природного наследия, а также представители транспортной отрасли, использующие транспортный ресурс реки.

*Крупнейшая река мира – Амазонка и ее дельта* также подвержена антропогенному стрессу. К главной особенности относится огромный сток реки  $5,8 \times 10^{12}$  м<sup>3</sup>/год, который составляет около 20 % всего мирового пресного стока рек. По этой причине влияние речных вод в море выходит далеко за пределы устьевой области и прослеживается в виде вод повышенной солености вплоть до экваториальной Атлантики [15]. Около 80 % взвешенного вещества, переносимое стоком реки, формируется в Андах и составляет 8 % всей взвеси, от общей взвеси мирового стока рек. В то же время устьевая область Амазонки характеризуется высокими приливами, до 2 м со скоростями течений до 2 м/с. Область седиментации взвешенного вещества охватывает площадь шельфа до  $7 \times 10^{10}$  м<sup>2</sup>. Уровень первичной продукции в устьевой области лимитируется высокими концентрациями взвешенного вещества и фотосинтеза. Основное отличие устьевой области Амазонки от таких эстуариев как Миссисипи, Чан Цзян и Дунай состоит в ограниченности области шельфа для морфологических новообразований. Как правило, в результате активных физических процессов растворенное и взвешенное вещество выносится за пределы шельфа. Так, в целом вынос общего органического азота составляет  $63 \times 10^6$  мол/л при

Таблиця 1

**Многолетние изменения среднего стока главных рукавов р. Дунай в период  
1856–2003 гг. (в % от общего стока) [2]**

Год, период	Килийский	Тульчинский	Сулинский	Георгиевский
1856	63,0	37,0	7,0	
1871–1883	63,0	37,0	8,0	
1893	72,8	27,2	7,2	20,0
1905	67,0	33,0	9,0	24,0
1910	72,0	28,0	9,3	18,7
1913	70,0	30,0	9,0	21,0
1921	68,0	32,0	12,0	20,0
1928–1929	65,6	34,4	14,1	20,3
1943	66,8	33,2	15,6	17,6
1952	62,7	37,3	16,6	20,7
1956	62,6	37,4	15,2	22,2
1958–1960	62,5	37,5	17,0	20,5
1961–1965	62,3	37,7	17,2	20,5
1966–1970	61,2	38,8	18,3	20,5
1971–1975	60,0	40,0	18,9	21,1
1976–1980	58,9	41,1	19,4	21,7
1981–1985	57,7	42,3	20,0	22,1
1986–1990	56,2	43,8	20,0	23,0
1991–1995	53,6	46,4	20,0	25,5
1996–2000	52,6	47,4	20,0	26,0
2001–2003	52,0	48,0	20,1	26,4
Изменения в %	– 17,5%	+ 29,7%	+ 20,1%	+ 32%

этом растворенный неорганический азот составляет  $23 \times 10^8$  мол/л. Однако в условиях увеличения антропогенной нагрузки на площадь водосбора, мощные физические процессы в устьевой области обеспечивают устойчивость дельтовой экосистемы.

*Дельта реки МакКензи* – крупнейшая на арктическом побережье. Площадь водосбора реки МакКензи распространяется далеко на юг до  $53^\circ$  ш. и ее экосистема включает арктические и умеренные широты, включая тундру и бореальные леса. В дельту реки МакКензи поступает  $330 \text{ км}^3$  в год пресной воды [11]. Сток реки МакКензи характеризуется высокой сезонной изменчивостью от 3000 до 40000  $\text{м}^3/\text{с}$ . В зимний период дельта покрывается льдом, поэтому температура, (при значениях температуры воздуха от  $-30$  до  $16^\circ\text{C}$ ) определяет интенсивность физико-химических и биологических процессов. Несмотря на то, что дельта реки МакКензи расположена за полярным кругом солнечная радиация отмечается от 8 до 9 месяцев в году, при этом ледовое покрытие достигает 2 м толщины. В дельте реки расположен заповедник, что важно для сохранения биологического разнообразия, особенно для таких редких особей как белуга. Вместе с тем, в целом, дельта МакКензи довольно чистая. К одному из опасных видов возможного загрязнения относится нефтедобыча вдоль побережья [16]. Изменение климата критическим образом отражается на криосфере и маргинальных морях Арктического бассейна, наиболее чувствительных к потеплению [12]. **Кроме того, в устьевой области МакКензи отмечается устойчивое повышение уровня моря и воздействие участвовавших мощных штормов, разрушающее вечную мерзлоту на побережье.**

Огромное количество органического и неорганического материала поступает в море со стоком реки МакКензи. Прямыми наблюдениями установлено неконсервативное поведение взвешенных частиц и частиц органического углерода в зависимости от солености. Реседиментация донных отложений обеспечивает второй спорадический источник наносов. Летом в мелководной области придонного слоя происходит вдольбереговой транспорт и седиментация наносов в период северо-западных штормов. Устьевая область МакКензи отличается значительной биопродуктивностью за счет выноса биогенных веществ, аккумулируемых как в пределах области, так и на шельфе. Развитие продукционных процессов отмечается летом, поскольку весной проникающая солнечная радиация еще ограничена обломками льда и снегом. Несмотря на лимит света и ограниченность развития автотрофных процессов, углерод терригенного происхождения обеспечивает развитие гетеротрофных процессов, взморье реки МакКензи характеризуется двумя видами планктонных сообществ в области устья реки – бактериями и амфиподами и второй, вдольбереговой – фитопланктоном, медузами и стенофорой.

Как компонент криосферы Арктика чувствительна к глобальным климатическим изменениям в результате значительных колебаний степени альбедо, ледового покрытия, интенсивности термохалинной циркуляции. Как и вся

Канада, бассейн реки МакКензи подвержен значительному потеплению на протяжении последнего столетия, при этом достоверный тренд повышения температуры в реке МакКензи отмечен с 1972 г., при этом в будущем прогнозируется увеличение количества экстремальных наводнений. Увеличение экстремальных событий отразилось на озерных системах, транспортных каналах, переносе и аккумуляции биогенных веществ. Возможно, в равной степени влияние на транспорт биогенных веществ оказывают ирригационные сооружения, плотины гидроэлектростанций, сокращающие сток в реке. Сокращение стока в верховье реки отражается в устьевой области в зимний период проникновением морских вод в дельту и стабилизацией ледового режима. Продолжающийся рост уровня моря на 0,5 – 1 м за последние сто лет совместно с влиянием вод открытого моря драматически отражается на рельефе береговой зоны. Появляется дополнительный источник формирования донных осадков, происходит гибель дельтовых озер, что, в свою очередь сказывается на рыбных запасах и других обитателях дельты [16].

*Устьевая область реки Св. Лаврентия* самая большая в Северной Америки и, возможно, в мире. От Великих озер, эстуарная область (в терминологии, принятой в США, Канаде и Западной Европе) Св. Лаврентия простирается на 400 км, 20 – 50 км шириной и до 350 м глубиной. В этот природный резервуар попадает до 1% всего пресного стока в Мировой океан. Расположена область на востоке Канады в нижней части субарктического региона и на протяжении двух месяцев скована льдом. Устьевая область важный естественный биотоп, прибежище сотен китов, которые каждое лето мигрируют из Северной Атлантики в поисках криля. Как и многие прибрежные акватории Мирового океана, устьевая область реки Св. Лаврентия не избежала негативного пресса от развития индустрии и урбанизации [8]. В верховьях устьевой области глубины чуть менее 30 м за исключением двух участков, где глубины до 50 и 120 м. В нижней части устьевой области глубины достигают 300 – 350 м. Годовой сток реки Св. Лаврентия составляет  $13 \times 10^3 \text{ м}^3 \text{ х с}^{-1}$  с сезонными изменениями между 10 и  $25 \times 10^3 \text{ м}^3 \text{ с}^{-1}$ . Река является единственным источником пресной воды в регионе, и в период низкого стока зимой осолоненные воды могут достигать Квебека. Устьевая область характеризуется наличием мощного вертикального градиента солёности. В период развития мощных приливных течений вертикальная структура вод становится однородной в результате перемешивания. В зимний период в нижней части устьевой области относительно теплые и солёные воды подстилают пресные и холодные воды поверхностного слоя. С началом весны верхний поверхностный слой прогревается быстрее, чем нижележащие слои, что формирует трехслойную структуру водных масс, причем температура придонного слоя выше температуры внутреннего слоя. В летне-осенний период внутренний слой водных масс, с температурой около 3°C расположен на горизонте около 130 м. Циркуляция в акватории устьевой области характеризуется общим направлением в сторону открытого моря на поверхности водоема

и балансируется плотностным течением придонного слоя противоположного направления – из Атлантики. Приблизительно, скорости придонного течения между проливом Кабот и лаврентьевской котловиной  $0,5 \text{ см с}^{-1}$ , что определяет время водообмена около 8 лет и характерно для низкого уровня вертикального перемешивания, происходящего в основном за счет внутренних волн большой амплитуды и апвеллинга насыщенных биогенными веществами водных масс внутреннего и придонного слоев.

Зона максимальной мутности в акватории расположена в верховье устьевой области с концентрациями взвешенного вещества от 20 до нескольких сотен мг/л [8]. Такие высокие концентрации обусловлены переносом в результате плотностной циркуляции в бассейне совокупно с реседиментацией донных осадков в верховье бассейна, что вызвано интенсификацией внутренних волн. Огромное количество органического вещества привносят гнездящиеся в маршах в летний период птицы, в особенности большой снежный гусь (до  $5 \times 10^5 \text{ т}$ ). Эти мигрирующие птицы уничтожают всю растительность в месте своего обитания. Процессы эрозии, вызванные органическими седиментами, также оказывают значительное влияние. Так, концентрации взвешенного вещества, как правило, свыше 3 мг/л в верхнем 50 метровом слое воды, до 0,4 мг/л – в нефелоидном слое донных осадков, и до 0,4 мг/л и до 0,05 – 0,1 мг/л – в остальной толще вод. Высокий уровень мутности лимитирует развитие продукционных процессов в бассейне. Тем не менее, средняя величина первичной продукции органического углерода составляет  $100 \text{ г/м}^2$  в год. При наличии закономерностей понижения растворенного кислорода в устьевой области реки Св. Лаврентия как и иных бассейнах эстуарного типа, в 70-х годах прошлого столетия здесь был отмечен кислородный дефицит в придонном слое. Кинематико-биохимическая схема процесса весьма близка к классической схеме процесса антропогенного эвтрофирования. Сокращение кислорода было обусловлено комплексом причин, в том числе избытком поступления биогенных веществ, изменением терригенного потока органического вещества, изменением условий проникновения океанических вод в устьевую область. При этом сокращение растворенного кислорода достигло критического уровня – менее  $65 \text{ мк}$ , обеспечивающего устойчивость биологического разнообразия водной экосистемы. Антропогенное воздействие на водную среду проявляется следующим образом. Устьевая область реки Св. Лаврентия получает пресный сток из Великих озер, где проживает 35 млн. человек. Поэтому в первую очередь влияние проявляется в виде сбросов бытовых отходов. Высокие концентрации хлорорганических веществ и ртути зафиксированные в тканях хищников, переданные через пищевую цепь, так же как и запасы загрязняющих веществ в устьевой области реки Св. Лаврентия, наглядно подтверждают наличие данной проблемы. Наличие полихлоридных бифенилов отмечено в тканях американского угря. Повышенный уровень загрязнений, в том числе ДДТ обнаружен в тканях морского котика и других морских млекопитающих

периодически обитающих в бассейне, который сегодня, в силу естественных физико-географических условий (низкой ассимиляционной емкости) превращается в накопитель поллютантов [8].

*Дельта Нила* – образец классической дельты, этимологическая основа определения, принятого во всем мире, самая известная с античных времен. Дельта Большого Нила наиболее плодородная для культивации область в Египте [10]. Дельту делят два основных рукава Розетта и Дамьетта. Оба рукава несут свои воды в Средиземное море формируя дельту и прибрежную устьевую область. Количественные и качественные флуктуации гидрологических характеристик, морфологические особенности и влияние Асуанской плотины, построенной в 1965 г., определяют гидроэкологические условия устьевой области.

По протяженности, более 6000 км, Нил относится к самой длинной реке мира. Однако не только протяженность реки относится к основным особенностям, здесь следует отметить и изменчивость ландшафтов, и различия культур и исторического наследия населения проживающего в бассейне Нила. Бассейн Нила расположен между 31° с.ш. и 4° ю.ш. на территории 10 стран: Бурунди, Демократической республики Конго, Египта, Кении, Руанды, Судана, Танзании, Уганды, Эритреи и Эфиопии. С учетом того, что Нил является источником пресной воды озера Виктория в центральной Африке, площадь водосбора составляет 2590000 км<sup>3</sup> [10]. В сухих климатических условиях значение Нила не только в обеспечение пресной водой миллионов жителей, но и в устойчивом состоянии пяти крупных озерных экосистем с водноболотными угодьями: Виктория, Эдвард, Альберт, Кьога и Тана.

На современном этапе дельта Нила подвержена следующим природным и антропогенным факторам: колебаниям уровня моря, которые, в свою очередь, обусловлены климатическими процессами, тектонической активностью, влиянию конструктивных особенностей ограждающих и защитных сооружений. Асуанской плотины, сети ирригационных каналов. Многочисленные брейкватеры и молы на взморье установлены с целью предотвращения эрозии и обмеления. Процессы эрозии играют огромную роль в дельте для сельского хозяйства и городских агломераций с учетом постоянного увеличения населения. Условия в морской части устьевого взморья Нила в основном определяются климатическими факторами, ветром, температурой воздуха и устойчивым средиземноморским течением южной направленности. Шельф ограничен изобатой 300 м. Средний расход воды, выносимый Нилом в море около 601 м<sup>3</sup>/с [9]. В результате интенсификации сельскохозяйственного производства накопление биогенных веществ в озерах дельты и вынос в море провоцирует развитие антропогенного эвтрофирования. В то же время основным негативным фактором для озерной экосистемы дельты является повышенная минерализация. В процессе мониторинга установлено, что в верхнем бьефе Асуанского гидроузла минерализация 150 мг/л, в районе Каира (около 200 км от моря) минерализация достигает величины 250 мг/л и далее (ниже по течению) в северных

озерах и устьевом взморье – около 2000 – 3000 мг/л (т.е. до 2 – 3 ‰). Вдобавок к нагрузке биогенными веществами (табл. 2), следует отметить поступление вод с повышенными концентрациями тяжелых металлов и гидрокарбонатов индустриального происхождения, в водоемы дельты.

Таблица 2

**Содержание показателей качества вод в реке Нил (апрель 1991 – 1992 гг.) [13]**

Показатели	Концентрация (мг/л)	Распространение от Асуанской плотины до моря (км)
NH <sub>3</sub> аммиак	<0,1–0,6	Достигает
NO <sub>3</sub> нитраты	1–4	Достигает
NO <sub>2</sub> нитриты	<0,05	Достигает
P (общий фосфор)	<0,25–1,6	1000
PO <sub>4</sub> ортофосфаты	<0,1	1200
Содержание органического вещества	0,1–1,0	1000
Растворенный кислород	2–10	<8
БПК <sub>5</sub> (биологическое потребление кислорода)	<4 <8	0–1000 0–1200
ХПК (химическое потребление кислорода)	<25 <45	0–1000 0–1200
Колиформные бактерии (тысячи/100 л)	2,5 для 30 из 50 проб	Достигает

Загрязнение дельты Нила связано в первую очередь с влиянием нефтеперерабатывающих комплексов. Изменчивость уровня загрязнений сопряжена с изменчивостью стока реки. В период высокой воды, в половодье, загрязненные воды распространяются на весь ареал дельты. Пик загрязнений приходится на зимний период. Дельта Нила занимает обширную площадь свыше 1100 км<sup>2</sup>. Четыре озерные мелководные системы (средняя глубина 1,1 м) в дельте также подвержены антропогенному прессу со стороны урбо- и агрокомплексов и строительства дорог. В первую очередь деградация озер, связанная с избытком биогенных веществ, отразилась на рыбных ресурсах. Это важный природный ресурс дельты, который до 1985 г. составлял 50 % от годовых уловов Египта.

*Дельта реки По* составляет 400 км<sup>2</sup> и ее протяженность постоянно увеличивается на 70 м в год, что соответствует увеличению площади на 50 – 60 га [14]. Река По, протяженностью 1470 км расположена на севере Италии и впадает в Адриатическое море. На расстоянии 50 км от моря формируется дельта. В бас-

сейн реки попадают стоки высокоиндустриального и наиболее населенного Севера Италии. По этой причине морское побережье в районе дельты подвержено загрязняющему влиянию отходов производства в виде повышенных концентраций тяжелых металлов, в основном Cu, Zn и Hg. Годограф стока реки характеризуется периодом низкой воды, январь – февраль, весенне–летним максимумом, с мая по июнь, вторичным минимумом в августе, более выраженном, нежели в зимние месяцы и, вторичным максимумом в октябре – ноябре в результате обильных осенних осадков. Река По впадает в Адриатическое море восьмью рукавами.

Воды реки По характеризуются довольно низким уровнем насыщения кислородом (около 10 %). Возможно, это связано со скоростью реседиментации донных отложений и дыханием биотических сообществ на устойчивых субстратах, при этом не отмечается статистической связи между содержанием растворенного кислорода в воде и биологическим потреблением кислорода или органическим углеродом как в иных реках [7]. Что касается наличия биогенных веществ в речной воде, то их содержание снижается за счет применений ряда эффективных очистных сооружений, расположенных то по мере приближения к морю. Сезонный тренд аммиака отмечается в мае – августе (0,1 – 0,2 мг/л), а максимум – зимой (3 мг/л). Концентрации тяжелых металлов в воде реки По (табл. 3) связаны с биологическими продукционными циклами, скоростями течения и процессами эрозии. Так, отмечена позитивная корреляция между концентрациями тяжелых металлов, температурой и концентрациями фосфора органического, что указывает на то, что биота в значительной мере контролирует концентрации растворенных металлов в воде. Такого рода биотические эффекты также отмечены в океанах и морях [14].

Таблица 3

**Средние концентрации и стандартное отклонение растворенных металлов в бассейне реки По [14]**

Металл	Количество измерений	Вода (мг/л)	Взвешенное вещество (мг/л)
As	35	0,41±0,44	7,45±2,3
Cd	35	0,075±0,05	1,74±0,72
Co	35	0,72±0,93	11,9±2,8
Cr	35	8,21±11,8	124,0±48
Cu	35	4,52±5,95	73,0±14
Ni	35	7,50±11,52	112±41
Pb	35	4,49±4,01	75,0±102
Zn	35	16,30±16,01	342,0±217
Hg	24	0,006±0,059	0,002±0,002

Оценка влияния тяжелых металлов на живые организмы в реке и в дельте реки По выполнялась не в полной мере, ограничиваясь изучением накопления в тканях Hg, Cd и Pb. Однако, уже доступные данные показывают значительное влияние на биоту. Так, концентрации Hg в тканях составляют от 0,6 до 1,06 мг/кг. Cd и Pb содержатся в живых тканях на уровне от 0,78 и 2,3 мг/кг соответственно. Эти результаты отражают современный уровень загрязнений и факт индустриального воздействия на водную среду. Однако, эти данные относятся к довольно ограниченной области реки, расположенной на удалении от дельты. Но по мере приближения к морю, рост солености и взвешенного вещества и растительной биомассы связывает ионы металлов и ограничивает биопродуктивность.

### Выводы

При всем разнообразии устьевых областей рек Мирового океана, их географических особенностях и климатических условиях существуют общие закономерности в значительной мере связанные с антропогенным воздействием и климатическими изменениями. Устьевые области крупных рек испытывают значительное антропогенное влияние, за исключением Амазонки, где шельф лимитируется морфологической структурой и за счет активных физических процессов растворенное и взвешенное вещество выносятся за пределы шельфа.

К главным современным факторам воздействия на устьевые области рек относятся антропогенное эвтрофирование устьевого взморья, внутридельтовых озер и водноболотных угодий, а также повышение уровня моря. К серьезной проблеме относится перманентное накопление тяжелых металлов в донных отложениях устьевых областей и живых тканях рыб и животных. География, подверженных влиянию загрязнений устьевых областей, носит глобальный характер от средиземноморских до арктических морей.

### Список использованной литературы

1. Берлинский Н.А. Динамика техногенного воздействия на природные комплексы устьевой области Дуная : [Текст] / Н. А. Берлинский. – Одесса : Астропринт, 2012. – 252 с.
2. Михайлов В.Н. Гидрологические процессы в устьях рек / В. Н. Михайлов. – М. : ГЕОС, 1997. – 176 с.
3. Михайлов В.Н. Речные дельты: строение, образование, эволюция [Текст] / В. Н. Михайлов // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – Т. 7, № 3. – С. 59–66.
4. Михайлов В.Н. Дельты как индикаторы глобальных и региональных изменений речного стока и уровня моря [Текст] / В. Н. Михайлов, М. В. Михайлова // Современные глобальные изменения природной среды. – М. : Научный мир, 2006. – Т. II. – С. 137–171.
5. Нгуен Ван Кы. Устьевые области рек Вьетнама: [Текст] / Ван Кы Нгуен. – Одесса: Астропринт, 2004. – 34 с.
6. Climate Change. Synthesis Report. Summary for Policymakers. – 2007 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ipcc.ch>
7. GESM (Global Environment Monitoring System). Biodegradable organics and oxygen balance). In: Meybeck M., Chapman D., Helmer R. (eds.) Global freshwater quality. A first assessment. WHO and UNEP, Alden Press. Oxford, 1989. – 306 p.
8. Gobeil C. Biogeochemistry and Chemical Contamination in the St. Lawrence Estuary / C. Gobeil. – Hbp Env Chem. –Berlin Heidelberg Springer-Verlag, 2005. – Vol. 5, Part H. – P. 121–147.

9. Hamza W. Economic development and compensatory measures related to the management of the Egyptian water resources / W. Hamza. In: Water security in the third millennium. Mediterranean countries as a case. UNESCO Science for Peace, 2000. – Series 9. – 453 p.
10. Hamza W. The Nile Estuary / W. Hamza. – Hbp Env Chem. – Berlin Heidelberg Springer-Verlag, 2005. – Vol. 5, Part H. – P. 149–173.
11. Macdonald R.W. The Mackenzie Estuary of the Arctic Ocean / R.W. Macdonald. – Hbp Env Chem. – Berlin Heidelberg Springer-Verlag, 2005. – Vol. 5, Part H. – P. 91-120.
12. Manabe S. Transient response of a coupled ocean-atmosphere model to gradual change of atmosphere CO<sub>2</sub>. Part II. Sesonal response / S. Manabe, M.M Spelman., R.J. Stouffer. – J. Climate. – 1992. – Vol. 5. – P. 105–126.
13. Mason S. Water usage in the Nile basin / S. Mason // Project on environment cooperation in the Nile basin (ECONILE) working paper no1. EAWAG ETH, SPE Switzerland, 2000. – 53 p.
14. Provini A. Environmental quality of the Po river delta / A. Provini, F. Binelli // Hbp Env Chem. – Berlin Heidelberg Springer-Verlag, 2005. – Vol. 5, Part H. – P. 175–195.
15. Smoak J.M. Geochemistry of the Amazon estuary / J. M. Smoak, J.M. Kelly, P.W. Swarzenski. – Hbp. Env. Chem. – Berlin Heidelberg Springer-Verlag, 2005. – Vol. 5, Part H. – P. 71–90.
16. Stirling I. Sea mammals and oil: confronting the risks / I. Stirling. – Academic, San Diego, 1990. – p. 223.

## References

1. Berlinskiy, N.A. (2012), Dinamika tehnogennogo vozdeystviya na prirodnye komplekсы ustevoy oblasti Dunaya [*Dynamics of anthropogenic impact on natural systems mouth area of the Danube: monograph*], Odessa: Astroprint, 252 p.
2. Mikhaylov, V.N. (1997), Gidrologicheskie processy v ustyah rek [*Hydrological processes in the mouths of rivers*], Moscow: GEOS, 176 p.
3. Mikhaylov, V.N. (2001), Rechnye delty: stroenie, obrazovanie, evoluciya [*River Delta: the structure, formation, evolution*] Soros Educational Journal, vol. 7, n 3, pp. 59-66.
4. Mikhaylov, V.N. (2006), Delty kak indikatory globalnyh i regionalnyh izmeneniy rechnogo stoka i urovnya moray [*Delta as indicators of global and regional changes in river flows and sea level*] Sovremennye globalnye izmeneniya prirodnoy sredy [*Today's global environmental changes*], Moscow: Nauchnyy mir, vol. II, pp. 137-171.
5. Nguen Van Ky (2004), Ustjevye oblasti rek Vjetnama: Monografia [*River mouth area of Vietnam: Monograph*], Odessa: Astroprint, 34 p.
6. Climate Change 2007. Synthesis Report. Summary for Policymakers [Elektroniy resurs]. – <http://www.ipcc.ch>
7. Smoak, J. M., Kelly J.M., Swarzenski, P.W. (2005), Geochemistry of the Amazon estuary, *Hbp Env Chem.* – Berlin Heidelberg Springer-Verlag, vol. 5, part H, pp. 71-90.
8. Macdonald, R.W. (2005), The Mackenzie Estuary of the Arctic Ocean. *Hbp Env Chem., Berlin Heidelberg Springer-Verlag*, vol. 5, part H., pp. 91-120.
9. Stirling, I. (1999), Sea mammals and oil: confronting the risks, *Academic, San Diego*, 223 p.
10. Manabe, S., Spelman, M.M., R.J. Stouffer R.J., (1992), Transient response of a coupled ocean-atmosphere model to gradual change of atmosphere CO<sub>2</sub>. Part II. Sesonal response, *J. Climate*, vol. 5, pp. 105-126.
11. Gobeil, C. (2005), Biogeochemistry and Chemical Contamination in the St. Lawrence Estuary, *Hbp Env Chem.* – Berlin Heidelberg Springer-Verlag, vol. 5, part H., pp. 121-147.
12. Hamza, W. (2005), The Nile Estuary, *Hbp Env Chem., Berlin Heidelberg Springer-Verlag*, vol. 5, part H., pp. 149-173.
13. Hamza, W. (2000), Economic development and compensatory measures related to the management of the Egyptian water resources In: Water security in the third millennium. Mediterranean countries as a case. *UNESCO Science for Peace*, series 9, 453 p.
14. Mason, S. (2000), Water usage in the Nile basin. Project on environment cooperation in the Nile basin (ECONILE) working paper no1. *EAWAG ETH, SPE Switzerland*, 53 p.
15. Provini, A., Binelli, F. (2005), Environmental quality of the Po river delta, *Hbp. Env. Chem. Berlin Heidelberg Springer-Verlag*, vol. 5, part H, pp. 175-195.
16. GESM (Global Environment Monitoring System). Biodegradable organics and oxygen balance). In: Meybeck M., Chapman D., Helmer R. (eds.) Global freshwater quality. A first assessment. *WHO and UNEP, Alden Press. Oxford*, 1989, 306 p.

Поступила 25.02.2015

**М.А. Берлінський**, докт. географ. наук, ст. наук. співробітник,  
1-й заст. директора  
Український науковий центр екології моря Мінекології та природних ресурсів,  
Французький бульвар, 89, Одеса, 65009, Україна e-mail: nberlinsky@ukr.net

## ГИРЛОВІ ОБЛАСТІ, ЯК ОСОБЛИВИЙ ГЕОГРАФІЧНИЙ ОБ'ЄКТ

### Резюме

Розглядаються гирлові області і дельти великих річок, їх основні особливості і ступінь антропогенного навантаження. До основних сучасних факторів впливу на гирлові області річок відносяться антропогенне евтрофування гирлового узмор'я, внутрішньдельтових озер і лагун, підвищення рівня Світового океану. До серйозної проблеми відноситься перманентне накопичення важких металів в донних відкладеннях гирлових областей і живих тканинах риб і тварин. Географія, схильних до впливу забруднень гирлових областей, носить глобальний характер – від середземноморських до арктичних морів.

**Ключові слова:** гирлові області і дельти великих річок, евтрофування, біогенні речовини, важкі метали.

**N. Berlinsky**, Dr. geographer. Sciences, Senior Research Fellow, 1<sup>st</sup> deputy director  
Ukrainian Scientific Center of Ecology of the Sea Ministry of Ecology and Natural Resources,  
89 Frantsuzsky bl.-vd., Odessa, 65009, Ukraine nberlinsky@ukr.net

## RIVER'S MOUTH AREAS AS A SPECIAL GEORAPHIC OBJECT

### Abstract

*Purpose.* The aim is to show the main characteristics and differences of the largest river's delta and river mouth's coastal zones.

*Methodology.* The systematic and synergetic approach has been used. These methods allowed establishing general regularities of interacting objects. The data of direct measurements also has been used.

*Finding.* **In modern period mouth areas of major rivers are experiencing a significant human influence.** The main impact are anthropogenic eutrophication in the coastal zones and heavy metals concentrations increasing in the bottom sediments of aquatic systems.

*Results.* The main features and the degree of anthropogenic load have been discussed.

The main factors of influence on the mouth areas of the big rivers of the World oceans are eutrophication of the river mouth shallow waters, lakes and lagoons inside the delta and the sea level rising. Serious problems include permanent accumulation of heavy metals in the sediments of the estuarine areas and in the tissues of fish and animals. The spreading of contamination in estuarine areas is a global one – from the Mediterranean to the Arctic seas

**Key worlds:** mouth area of the big rivers, rivers delta, nutrient, heavy metals