

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ УСТЬЕВЫХ УЧАСТКОВ РЕК ДНЕПРОВСКО-БУГСКОГО ЛИМАНА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Поскольку твердый сток Днепра уменьшился, возросло транспортное значение Южного Буга, Ингула и Ингульца для прибойной и шельфовой зоны Днепровско-Бугского лимана. Исследованы гранулометрический, минеральный и элементный состав донных осадков в системе лиман – питающие его реки.

Введение. Донные осадки рек и лиманов Украины постоянно вызывают интерес геологов, минералогов, гидробиологов. В последние годы к ним все чаще обращаются специалисты в области экологии и экологической геологии, поскольку современные отложения рек чутко реагируют на антропогенные изменения, происходящие на водосборной территории [1–4].

В работах Гожики П.Ф., Иноземцева Ю.И., Лисицина А.П., Митропольского А.Ю., Наседкина А.И., Шнюкова Е.Ф. детально изучен литологический состав донных осадков, петрография и минералогия, распространение загрязнений Днепровско-Бугского лимана и шельфа Черного моря [5–10, 16]. Показано, что одним из главных факторов, определяющих минеральный состав осадков прибойной и шельфовой зоны Днепровско-Бугского лимана, является транспортная роль Днепра и Южного Буга.

За последние десятилетия природный гидродинамический режим Днепра существенно изменился вследствие создания каскада водохранилищ. В результате скорость течения уменьшилась с 0,6–0,8 м/с до 0,015–0,07 м/с, а около 40 млн. т твердого речного стока (более 90%) не достигает устья и оседает в водохранилищах [1, 11].

Подобное явление, хоть и в меньшей мере, присуще и Южному Бугу. Средний многолетний годовой расход воды на водном посту пос. Александровка составляет 89,0 м³/с, а величина годового стока – 2,81 км³. В бассейне реки насчитывается более 10 крупных водохранилищ [16].

Поэтому можно ожидать возрастания транспортирующей роли притоков в низовьях и в устьевых участках Южного Буга и Днепра, которые также испытывают воздействие антропогенных факторов. К таковым относится на Южном Буге нижний левый приток – р. Ингул. Общая протяженность реки составляет 354 км, площадь водосбора 9890 км². Среднегодовой модуль речного стока в устьевой части – 0,35 л/с·км², среднегодовой модуль твердого стока – 42 т/год·км² [5]. В течение 40 лет на р. Ингул действовала разветвленная оросительная система, которая почти полностью использовала речной сток в течение 4–5 месяцев.

Нижний правый приток Днепра – р. Ингулец имеет общую протяженность 549 км. Площадь водосбора – 14460 км². Среднегодовой речной сток наносов – 63 тыс. т при скорости течения 0,3–0,5 м/с. Многолетний модуль речного стока в устьевой части – 0,93 л/с·км², средний модуль твердого стока за последние 70 лет составляет 6,8, достигая до 44 т/год·км² [7]. На природный гидрологический режим Ингульца накладывается сброс в осенне-зимний период минерализованных вод горных предприятий Кривбасса и последующая промывка днепровской водой из Кременчугского водохранилища. Для подачи воды на поля Снегиревской оросительной системы в низовьях Ингульца, на участке от устья до с. Архангельское, создана «антирека» протяженностью более 100 км. В период ее действия вода из Днепра от устья Ингульца движется вспять, поднимаясь вверх на 80 км*.

Эти и другие масштабные антропогенные факторы обозначили актуальность предпринятых исследований, имеющих целью определить условия формирования современных донных отложений Днепровско-Бугского лимана и питающих его рек.

Объектом исследований послужили донные осадки и береговые отложения рек Днепр, Южный Буг, Ингулец, Ингул, а также западный берег Кинбурнской косы. Выбор мест отбора проб обусловлен несколькими обстоятельствами:

- расположением точек отбора проб внутри или на границах устьевых участков Днепра и Южного Буга. Кроме того, устьевая область Днепровско-Бугского лимана включает устьевые участки Ингула и Ингульца. Границы устьевых областей обоснованы В.А. Ивановым и Р.Я. Миньковской [12];

- необходимостью исключить прямое влияние городских агломераций и промышленных зон;

- расположением в незарегулированных низовьях рек;

- местоположением ниже притоков, изменяющих литологический и минеральный состав терригенного материала, поступающего в лиман.

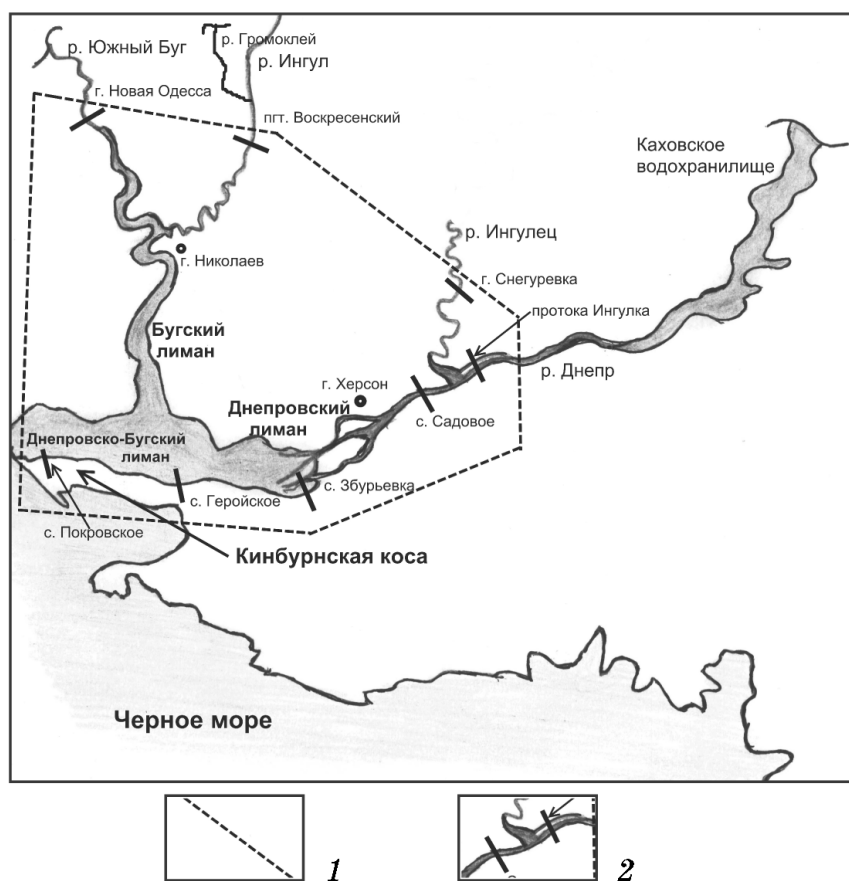
С учетом отмеченных ограничений, места и техника отбора проб определены по методике, изложенной в [2]. Район исследования и места отбора проб с учетом границ, определенных в [12], показаны на рисунке.

Всего заложено 6 профилей: 1 - устьевая часть Южного Буга, на окраине Новой Одессы (с.Троицкое); 2 - устьевая часть Ингула (ниже бывшей оросительной системы и ниже впадения р. Громоклея); 3 - выше и ниже устья Ингульца (рукав Ингулка и с. Садовое); 4 - устьевая часть Ингульца (г. Снегиревка); 5 - дельта Днепра (с. Збурьевка); 6 - северный берег Кинбурнской косы, между с. Покровское и с. Героевское (с. Прогно).

В пробах изучались литологические характеристики, химический и минеральный состав донных осадков.

Результаты исследования. Гранулометрический состав и магнитные свойства донных осадков рек, формирующих сток в лиман, представлены в табл. 1. В осадках Южного Буга, Ингула, Ингульца и Днепра преобладает алевритовая фракция. Отложения Кинбурнской косы представлены однородным хорошо отсортированным и промытым кварцевым песком, содер-

* Подробно этот вопрос освещен в монографии [2].



Район исследования, места отбора проб и границы устьевых областей рек Днепро-Бугского лимана. 1- граница устьевых областей рек; 2 - профили отбора проб донных осадков

жащим около 98% псаммитовой фракции. Еще более однородны осадки в дельте Днепра (с. Збурьевка), где практически вся проба представлена псаммитами – 99,73%.

Из табл. 1 следует, что из низовьев Ингульца в Днепр поступает алевритовая фракция. В дельте Днепра происходит существенное перераспределение поступающего материала, с осаждением псаммитовой и выносом в лиман алевритовой составляющей. На это также указывает карта распределения гранулометрического состава донных осадков лимана [5; с.66].

Поскольку техногенные загрязнения накапливаются, в основном, в тонких фракциях осадка, то видимо их повышенную концентрацию следует ожидать в месте слияния Днепровского и Бугского рукавов лимана и ниже, где в донных осадках преобладает мелко- и крупноалевритовые фракции [5, 7].

В целом, для проб, взятых в низовьях всех рек-притоков характерно преобладание мелкоалевритовой фракции от 65,1% (р. Ингул) до 97,1% (р.Ингулец).

В низовьях всех рек-притоков отмечена очень низкая концентрация магнитных частиц (табл. 1). И лишь в осадках Ингульца она на порядок

Таблица 1

**Характеристики донных осадков в устьевых участках рек
Днепровско-Бугского лимана**

Характеристики	Южный Буг	Ингул	Днепр (рукав Ингулка*)	Ингулец	Днепр (с. Садовое**)	Днепр (дельта)
гранулометрический состав, %						
псефиты	9,9	12,3	8,9	0,3	16,1	0
псаммиты	15,3	21,2	9,6	1,1	32,4	99,7
крупный алеврит	0,8	1,4	5,7	1,5	9,4	0,2
мелкий алеврит	74,0	65,1	75,8	97,1	42,1	0,1
средне-взвешенный размер, мм	1,0	1,4	1,3	0,1	1,8	0,3
магнитные свойства						
количество магнитного продукта, %	сл.	сл.	0,04	0,28	0,02	0,03

* – 1 км выше устья Ингульца; ** – 1 км ниже устья Ингульца.

выше (0,28%), чем в Днестре и на два порядка выше по сравнению с Южным Бугом и Ингулом.

Данные спектрального анализа донных осадков (табл. 2) показывают, что содержание Mn, Zr и J во всех опробованных участках рек выше (иногда в десятки раз), а Li ниже средних для песчано-глинистых отложений. Содержание Ni и Co в донных осадках всех водоемов находится на уровне средних значений, и только в нижней части р. Ингулец содержание Co в 1,7 раза выше фонового.

Остальные элементы демонстрируют как рассеивание, так и накопление, создавая характерный геохимический (металлогенический) фон осадков для каждой из изученных речных систем. Донные отложения рек Ингул и Южный Буг имеют общую тенденцию накопления Mn, Zr, Cu, Sn, J и P; Днестра – Mn, Zr, J, а также Ba. Осадки Днепровско-Бугского лимана отличаются значительным превышением кларковых содержаний Ti, V, Cr, Mo, Zr, Zn, Sn, J.

Результаты спектральных анализов выявили геохимическую специализацию осадков в устьевых участках изученных рек: фосфор-олово-циркониевую Ингула и Южного Буга, йод-барий-циркониевую Днестра и марганец-ванадий-хром-циркон-титановую Днепровско-Бугского лимана. В прибрежной зоне северного берега Кинбурнской косы отмечено повышенное содержание Zn, Cr, Pb. Концентрация этих элементов превышает фоновые значения для современных донных осадков Черного моря в 12, 3 и 2 раза соответственно. * Содержание Zn более чем в два раза превышает среднее его содержание в глинах и песчаниках (табл. 2). Обращает внимание и тот факт, что в донных осадках рек, питающих Днепровско-Бугский лиман, содержание цинка в 10–2,5 раза ниже, чем в пробах северной части

* Фоновые значения взяты в [12] для песков и песчаников и пересчитаны в $n \cdot 10^{-3}\%$.

Таблица 2

Содержание химических элементов в донных осадках, $n \cdot 10^{-3} \%$

Химический элемент	Южный Буг	Ингул	Днепр (рукав Ингулка)	Ингулец	Кинбурнская коса	Среднее по [13]
Mn	60	50	100	85	100	47,5
Ni	3	3	3	4	3	3,5
Co	0,5	0,5	0,3	1,5	0,5	0,9
Ti	300	400	300	400	>1000	305
V	10	10	10	8	30	7,5
Cr	5	8	10	8	80	6,3
Mo	0,1	0,1	-	0,08	0,6	0,14
Zr	30	30	150	25	40	19
Cu	10	10	2	3	5	2,3
Pb	8	8	6	3	20	14
Zn	30	40	10	25	100	48,3
Sn	1	2	-	0,8	1	0,3
J	0,8	0,8	3	1,5	0,8	0,2
P	80	60	30	85	30	43,5
Li	3	3	-	1,5	-	4,1
Ba	30	10	100	50	10	29,5

Спектральный анализ выполнен в лаборатории ООО «Белгородгеология», методом эмиссионной спектроскопии на приборе СТЭ-1, аналитик Л.И. Назина.

Кинбурнской косы. Аномалия Zn, Pb, Cr по данным [7] имеет техногенное происхождение. С другой стороны высокое содержание Ti в этих же пробах объясняется природными процессами, детально рассмотренными в работах [9,10].

В табл. 3 приведены данные по минеральному и петрографическому составу речных отложений в районе исследования. Всего в составе донных отложений устьевой части изученных рек выявлено 4 типа горных пород, 36 минеральных видов (5 в легкой и 31 в тяжелой фракциях). Кроме того, 2 продукта металлургического происхождения: стеклянные и магнитные рудные шарики, а также речная современная фауна и флора, морская ископаемая фауна в виде раковин и детрита. Наиболее разнообразны по минеральному составу осадки Днепровско-Бугского лимана, Днепра в районе с. Садовое и Южного Буга (24–25 минералов и 1–2 типа горных пород).

Ингул и, особенно, Днепр выше устья Ингульца менее разнообразны по составу осадка, в котором с большим преимуществом доминирует кварц, а сам осадок является более зрелым.

Как видно из табл. 3, главным минералом легкой фракции выносимого реками материала является кварц. Менее распространен кальцит и нераскрытые частицы известняка. В Ингуле заметна примесь полевых шпатов, вблизи устья Ингульца в днепровском осадке наблюдаются мелкие шаровидные частицы металлургического стекла. Ранее сферические техногенные частицы отмечались также в твердом стоке р. Днепр в верховье Днепровского лимана [3].

В тяжелой фракции донного осадка р. Южный Буг доминируют альмандин, ильменит и магнетит; р. Ингул – ильменит и аутигенный марказит; Ингулки – гетит и, отчасти, магнетит; а р. Ингулец – ильменит, магнетит и гетит. Специфику выносимого каждой рекой материала подчеркивают редко встречаемые минералы и горные породы. Для низовья Южного Буга характерны такие минералы как биотит и пирротин; Ингула – берилл, отчасти пирит; Ингулки – корунд и мусковит; Ингульца – железистые кварциты, эмульсионный гематит, эгирин, магнитные шарики, а также дистен и кордиерит. Выявленные ассоциации тяжелых минералов отражают специфику петрографического состава горных пород и руд, развитых на территории питающих провинций Южного Буга, Ингула и Ингульца. Для Днеп-

Таблица 3

Компоненты современных речных осадков

Минералы и горные породы	Южный Буг	Ингул	Днепр, (рукав Ингулка)	Днепр, (с. Садовое)	Кинбурнская коса
1	2	3	4	5	6
легкая фракция, %					
известняки	4,0			3,0	
метапесчаники и кварциты					2,0
катаклазиты					1,0
кварц	91,0	95,49	100	93,0	96,0
кальцит	2,0	2,0	зн		
плагиоклаз		0,5			0,5
микроклин			зн		0,5
глауконит		0,01	зн	зн	
органические остатки	3,0	2,0		4	
всего, % :	100	100	100	100	100
тяжелая фракция, %					
содержание тяжелой фракции в осадке, %	0,13	0,03	0,38	0,35	0,28
железистые кварциты				0,72	
актинолит	1,34			зн	
апатит	9,10	7,23	1,27	6,55	зн
берилл		0,85			зн
биотит	3,00				
гематит	2,10	0,55	2,54	зн	зн
гетит	10,54	9,03	76,25	13,41	7,2
гранат альмандин	22,14	6,23	1,27	4,36	13,12
гранат пироп	зн	0,86	ед. зн		
диопсид	4,56	зн		1,45	
дистен				зн	2,70
эгирин				0,72	
эпидот	2,68	0,99		1,12	1,44

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6
ильменит	17,43	34,70	зн	41,47	48,21
кордиерит				0,31	
лейкоксен	4,69	0,89		2,18	7,2
магнетит	16,81	1,90	10,36	19,80	4,28
марказит	зн	23,36		зн	зн
монацит	0,67	0,89		1,45	1,35
оксиды марганца	зн	зн	2,00	зн	2,00
пирит	зн	3,56			0,7
роговая обманка	4,00	зн		0,72	1,52
рутил	зн	0,89		1,45	2,34
ставролит	зн	2,67			2,16
сфен	0,67		зн	0,55	0,10
турмалин	зн	3,56	1,27	3,02	3,96
циркон	зн	1,78	4,28	0,72	1,72
всего, %:	100	100	100	100	100

* В отдельных пробах отмечались также знаки хромита, эмульсионного гематита, корунда, мусковита, ортита, пирротина, рудных и силикатных металлургических шариков.

ра выше устья р. Ингулец данная зависимость менее очевидна вследствие смешивания и усреднения материала, поступающего из более масштабной площади денудации, осадения значительной его части каскадом днепровских водохранилищ, более продолжительной транспортировки и высокого уровня зрелости осадка.

Содержание тяжелой фракции в осадках устьевой части Днепра (0,35-0,38%) заметно выше этого показателя для Южного Буга и Ингула (0,13 и 0,03% соответственно). Полученные данные подтверждают вывод, сделанный в работе [10] о преимущественном поступлении тяжелых минералов в Днепроовско-Бугский лиман со стоком р. Днепр, однако, в свою очередь, подчеркивают существенное влияние на их состав твердого стока р. Ингулец. Индикаторами последнего являются характерные минералы и горные породы железорудной формации, а также техногенные металлургические компоненты осадка. В этой связи показательны результаты литолого-минералогических исследований современных осадков среднего течения р. Ингулец [2]. В их составе выделены природная, техногенно переработанная природная и техногенная составляющие. Как видно из табл. 3 и ранее опубликованных данных [3, 14], под влиянием горно-металлургических работ в Криворожском бассейне современные донные осадки изменяются не только в р. Ингулец, но и в Днепре и Днепроовско-Бугском лимане.

О значимости твердого стока рек, впадающих в Днепровско-Бугский лиман, свидетельствуют также продукты аутигенного минералообразования, описанные в работах [2, 3]. Гетитовые и пирит-марказитовые стяжения, оолиты и сферолиты из осадков неволновой части Днепровско-Бугского лимана, охарактеризованные в [5, 6], установлены нами в богатых растительными остатками илах приустьевых фаций рек Ингулец, Южный Буг и, особенно, Ингула. Это свидетельствует, по нашему мнению, что как аэробное, так и анаэробное аутигенное минералообразование начинается уже в современных речных осадках. Соответствующие условия для этого возникают в верхнем слое ила (устьевая область рек Южный Буг и Ингул) или на глубине 3–4 м от контакта его с речной водой (устьевая область р. Ингулец). Таким образом, по крайней мере часть гетитовых и пирит-марказитовых микрооолитов и сферолитов принесена в Днепровско-Бугский лиман в составе твердого стока питающих рек, т.е. является аутигенным компонентом осадка.

В песчаных отложениях Кинбурнской косы доминируют раскрытые минеральные частицы, а редкие сростки представлены обломками метаморфических пород. Среди минералов преобладают ильменит, гранат и кварц. По схематической карте терригенно-минералогических провинций Черного моря, Днепровско-Бугский лиман относится к гранат-циркон-ильменитовой провинции [9]. В этой связи можно отметить, что по данным табл. 2, 3 Ti поступает в лиман со стоком всех рек, питающих его. Следовательно, как Южный Буг и Ингул, так и Днепр с Ингульцом участвуют в формировании ильменитсодержащих россыпей. Однако происхождение этого минерала, поступающего из Днепра и Южного Буга, различно. Днепр и Ингулец выносят мелкие (0,1–0,2 мм) хорошо окатанные зерна ильменита и рутила из палеоген-неогеновых осадочных пород Среднего Приднепровья (Вольногорские россыпи). Южный Буг и Ингул содержат в осадках относительно крупные (0,5–0,8 мм) угловатые зерна или идиоморфные кристаллы ильменита, характерные для докембрийских образований центральной части Украинского кристаллического щита.

Проведенные исследования литологического, химического, минерального состава донных осадков устьевых участков рек Днепровско-Бугского лимана позволяют говорить об изменении условий их формирования.

Выводы. 1. В современную геологическую эпоху на условия образования осадков в системе «лиман – питающие его реки» и прилегающем шельфе, определенное влияние, кроме природных, оказывают антропогенные факторы: зарегулированность рек, техногенные формы рельефа на водосборной территории, загрязнение промышленными отходами, распаханность площади бассейнов.

2. Плотины водохранилищ на Днепре и Южном Буге задерживают более 90% терригенного материала, поступающего из этих рек в Днепровско-Бугский лиман. В связи с этим возрастает транспортирующая роль нижних притоков Днепра и Южного Буга, на фоне общей заиленности речных русел.

3. Снижение объема терригенного материала, прирост алевритовой составляющей стока питающих рек влияет на изменение природного баланса терригенного материала, поступающего в лиман, что может привести к уси-

лению абразии берегов Днепровско-Бугского лимана и прилегающих берегов Черного моря.

4. Реки района исследования характеризуются различной минерало-геохимической специализацией осадка, которая в современных условиях усиливается воздействием техногенных факторов (тяжелые металлы, детергенты, нефтепродукты и пр., переносимые взвесьями и мелкозернистыми фракциями осадка).

5. С заиленностью рек связано аэробное и анаэробное аутигенное минералообразование, индикаторами которого являются гетитовые и пирит-марказитовые микроолиты и сферолиты.

6. Ильменит в Днепре и Южном Буге имеет различное происхождение. Выносимый Днепром ильменит, в основном, переотложенный, тогда как в осадках Южного Буга доминирует акцессорный ильменит из коры выветривания кристаллических пород.

1. Романенко В.Д. Основы гидроэкологии. – К.: Генеза. – 2004. – 662 с.
2. Літологія сучасних донних осадків поверхневих водоемів Криворізького залізорудного басейну // під ред. І.М.Малахова., Кривий Ріг, Оксан Принт, 2008.- 110 с. – (сер. Геологічне середовище антропогенної екосистеми)
3. Бобко А.А., Иванченко В.В., Малахов И.Н. О влиянии техногенного твердого стока рек на процессы осадконакопления в Днепровско-Бугском лимане // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2007. – №4. – С.99–108.
4. Малахов І.М. Техногенез у геологічному середовищі // Кривий Ріг: Оксан – Принт.- 2003. – 252 с. – (сер. Геологічне середовище антропогенної екосистеми).
5. Геология шельфа УССР. Лиманы / Под ред. Е.Ф. Шнюкова. – К.: Наукова думка. – 1984.- 176с.
6. Геология Черного и Азовского морей /Под ред. Е.Ф. Шнюкова. – К.: Наукова думка. – 2000. – 338 с.
7. Митропольський О.Ю., Наседкін Є.І., Оськіна Н.П. Екогеохімія Чорного моря. – К.: Наукова думка. – 2006. – 279 с.
8. Шнюков Е.Ф., Иноземцев Ю.И., Маслаков Н.А. Геологическая история развития речной сети на северо-западном шельфе Черного моря // Геология и полезные ископаемые Черного моря. – К., 1999. – С. 238-244.
9. Шнюков Е.Ф., Зиборов А.Н. Минеральные богатства Черного моря. – К., 2005. – С. 145–154.
10. Шнюков Е.Ф., Иноземцев Ю.И., Усенко В.П. Распределение тяжелых минералов в осадках Днепро-Бугского лимана // Осадочные породы и руды. – К.: Наук. думка., 1978. – С. 32–41.
11. Новиков Б.И. Донные отложения Днепровских водохранилищ. – К.: Наук думка., 1985. – 172 с.
12. Дослідження гідрологічного та гідрогеологічного режиму та визначення джерел забруднення р. Інгул / Дем'янов В.В. – Дніпропетровськ, 2005 – 129 с. – (Звіт по проекту Державного комітету України по водному господарству «Дніпроводгосп», т. 2, 1860 – №В)
13. Иванов В.А., Миньковская Р.Я. Морские устья рек и устьевые процессы. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», в 2 частях. - 2008. – 446с.
14. Справочник по геохимии. Г.В. Войткевич, А.В. Кокин, А.Е. Мирошниченко и др. – М.: Недра. – 1990.- 480 с.
15. Альохіна Т.М., Бобко А.О., Малахов І.М. Вміст важких металів у воді та донних відкладах річки Інгулець. // Гідробіологічний журнал, 2008. – №3 (44). – С.114-120.

16. Гожик П.Ф., Новосельский Ф.А. Геологические условия строительства Днепровско-Бугского гидроузла. – К.: Наук. думка, 1989. – 120 с.

17. [http://www.wikipedia.org/wiki/Южный Буг](http://www.wikipedia.org/wiki/Южный_Буг).

Оскільки твердий стік Дніпра зменшився, виросла транспортна значущість Південного Бугу, Ингулу та Ингульця для прибівної та шельфової зони Дніпровсько-Бузького лиману. Досліджено гранулометричний, мінеральний та елементний склад донних осадів у системі лиман – ріки, що його живлять.

On Dniper sediment load has fallen, the role of South Bug, Ingul, Ingulets sediment transport rizes for Dniper-Bug estuary surf and shelf zones. Granulometric, mineralogical and element composition of modern sediments in the system estuary-feeding rivers are studied.