

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ РЕКИ ГРУЗСКОЙ ЕЛАНЧИК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ САПРОБНОСТИ

ASSESSMENT OF THE ECOSYSTEM OF THE GEORGIAN ELANCHIK RIVER USING HYDROBIOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL INDICATORS OF SAPROBICITY

**N. Alekseeva
P. Dolzhanov
O. Mironenko**

Summary. A comprehensive study of the Gruzsky Elanchik River ecosystem, utilizing biochemical indicators of saprobity, has revealed a complex and heterogeneous picture of its condition. On one hand, the river exhibits signs of resilience, demonstrated by sufficient levels of dissolved oxygen and a diverse range of benthic organisms in certain areas. Conversely, the analysis results point to a clear anthropogenic impact, evidenced by elevated levels of organic matter and the prevalence of saprobiont species — indicators of pollution. An imbalance in the composition of phyto- and zooplankton, as well as exceeding permissible concentrations of nitrogen and phosphorus, indicate localized problems associated with pollution and eutrophication. The dominance of euglenoid algae in the phytoplankton is a clear signal of a high level of organic pollution, requiring close attention. Therefore, the ecosystem of the Gruzsky Elanchik River is in a state of dynamic equilibrium, experiencing both the positive influence of natural factors and the negative impact of anthropogenic pressure.

Keywords: Gruzsky Elanchik, saprobiological analysis, biological and hydrochemical methods, anthropogenic impact.

Алексеева Наталья Викторовна

К. вет. н., доцент,

ФГБОУ ВО «Донбасская аграрная академия»

alekseevadonagra@yandex.ru

Должанов Павел Борисович

К. вет. н., ФГБОУ ВО «Донбасская аграрная академия»

pbdol@mail.ru

Мироненко Оксана Александровна

Ст. преподаватель,

ФГБОУ ВО «Донбасская аграрная академия»

ksumirondok@mail.ru

Аннотация. Проведенное комплексное исследование экосистемы реки Грузской Еланчик с использованием гидробиологических и гидрохимических показателей сапробности, позволило выявить сложную и неоднородную картину ее состояния. С одной стороны, река демонстрирует признаки устойчивости, проявляющиеся в достаточном уровне растворенного кислорода и разнообразии донных организмов на отдельных участках. С другой стороны, результаты анализов указывают на явное антропогенное воздействие, выражающееся в повышенном содержании органических веществ и преобладании видов сапробионтов — индикаторов загрязнения. Дисбаланс в составе фито- и зоопланктона, а также превышение допустимых концентраций азота и фосфора, свидетельствуют о наличии локальных проблем, связанных с загрязнением и эвтрофикацией. Преобладание эвгленовых водорослей в фитопланктоне является ярким сигналом о высоком уровне органического загрязнения, требующем пристального внимания. Таким образом, экосистема реки Грузской Еланчик находится в состоянии динамического равновесия, испытывая как позитивное влияние природных факторов, так и негативное воздействие антропогенного пресса.

Ключевые слова: Грузской Еланчик, сапробиологический анализ, биологические и гидрохимические методы, антропогенное влияние.

Введение

Река Грузской Еланчик, протекающая по территории Донецкой Народной Республики, является важным источником водоснабжения и играет значительную роль в поддержании биоразнообразия региона. Антропогенное воздействие, связанное с промышленностью, сельским хозяйством и активными боевыми действиями, оказывает существенное влияние на состояние её экосистемы [1, 9, 10, 13].

Оценка качества воды и выявление степени загрязнения является важной задачей для разработки мер

по сохранению и восстановлению реки. Для этой цели широко используются биологические и химические показатели сапробности, позволяющие комплексно оценить состояние водной среды [5, 10, 11].

Биологические методы оценки сапробности основаны на изучении видового состава и численности организмов, населяющих водную среду. Различные виды живых существ обладают разной чувствительностью к загрязнению, что позволяет использовать их в качестве индикаторов качества воды. Некоторые виды бактерий и простейших активно размножаются в загрязненных водах, в то время как другие, более требовательные

к чистоте воды, исчезают. Изучение видового состава макрозообентоса (донных беспозвоночных) является одним из наиболее распространенных методов биоиндикации. Индексы, основанные на чувствительности различных видов к загрязнению, позволяют определить степень сапробности реки [1, 9].

Химические методы оценки сапробности основаны на измерении концентрации различных химических веществ в воде. К наиболее важным показателям относятся: растворенный кислород, биохимическое потребление кислорода, химическое потребление кислорода, содержание нитратов, нитритов, аммония, фосфатов и других загрязняющих веществ [2, 5, 8, 11, 13].

Комплексное применение биологических и химических методов позволяет получить более полную и объективную оценку состояния экосистемы реки Грузской Еланчик. Сопоставление данных, полученных разными методами, позволяет выявить источники загрязнения, определить степень их влияния на водную среду и разработать эффективные меры по улучшению качества воды и восстановлению экологического равновесия [2, 5, 8, 9, 10, 13].

Цель работы: на основании биологических и химических показателей сапробности оценить состояние экосистемы реки Грузской Еланчик.

Материалы и методы

Оценку состояния экосистемы реки Грузской Еланчик проводили с использованием гидробиологических и гидрохимических показателей сапробности. Отбор проб воды бассейна реки Грузской Еланчик произведено в семи гидрологических створах расположенных в Старобешевском и Тельмановском районах Донецкой Народной Республики: № 1 — в районе Кумачевской сельской администрации (выше по течению), № 2 — в районе Кумачевской сельской администрации (ниже по течению), № 3 — в районе Кузнецово-Михайловской сельской администрации, № 4 — балка Горькая (левый приток Грузского Еланчика) в районе Кузнецово-Михайловской сельской администрации, № 5 — балка Большая Каменка (правый приток Грузского Еланчика) в районе Мичуринской сельской администрации, № 6 — балка Большая Каменка в районе Первомайской сельской администрации, № 7 — балка Горькая (левый приток Грузского Еланчика) в районе Михайловской сельской администрации.

Отбор, обработка и исследование проб проводились в соответствии с установленными нормативными документами [4, 7].

Методы исследования:

— гидробиологическое (определение видового состава и численности фитопланктона, зоопланкто-

на и макрозообентоса) с последующим сапробиологическим анализом;

— гидрохимическое (определение водородного показателя, биохимического потребления кислорода, химического потребления кислорода, содержание растворенного кислорода, взвешенных веществ, минеральных форм азота и фосфора) с последующим расчетом индекса загрязнения воды [3, 4, 6, 12].

Результаты исследования

Грузский Еланчик — река в Донецкой Народной Республике, формирующая акваторию Азовского моря с истоком между сёлами Культура, Вишнёвое и Кумачово. Река протекает по территории Старобешевского, Тельмановского и Новоазовского районов ДНР. Длина реки составляет 91 км, а площадь водосборного бассейна — 1250 км², с уклоном — 1,3 м/км. Речная долина трапециевидная, шириной до 2,5 км. Русло реки на отдельных участках расчищено и имеет ширину и глубину до 10 м и 1,5 м соответственно. Вода из реки используется для орошения. Главными притоками Грузского Еланчика являются река Средний Еланчик (правый приток) и река Горькая (левый приток).

В бассейне реки преобладают чернозёмы и древние кристаллические породы с четвертичными отложениями. Дно реки в основном илистое и вязкое (особенно в гидростворах № 4–7), но встречаются и глинистые участки (гидростворы № 1, № 2), а также выходы песчаников.

В бассейне реки Грузской Еланчик доминируют распространённые макрофиты, такие как тростник обыкновенный, рогоз широколистный и роголистник тёмно-зелёный. Зарастание составляет около 12–20 %, но в некоторых гидростворах (№ 2, № 6, № 7) требуется удаление растительности, особенно рогоза и тростника.

Река находится в зоне умеренно-континентального климата с жарким сухим летом и мягкой малоснежной зимой. Река относится к восточно-европейскому типу с преобладанием снегового питания и весенними паводками. Ледостав обычно длится с середины декабря до середины марта. Питание реки смешанное, с преобладанием снегового стока (до 70 %), но в засушливые периоды может пересыхать, а зимой — перемерзать.

Модуль годового стока колеблется от 0,9 до 1,3 л/с с 1 км². Объемы стока значительно варьируются между гидростворами, с наибольшими значениями в створах № 1 и № 3, наименьшим — в створе № 2. Уровень зарегулированности стока (влияние водохранилищ и прудов) также различается, с наиболее высокими показателями в створах № 2 и № 3 и низким в створе № 4.

В ходе гидробиологического исследования были определены компоненты, формирующие фитопланктон (растительные микроорганизмы, свободно перемещающиеся в воде), зоопланктон (животные микроорганизмы, составляющие планктонное сообщество) и макрозообентос (донные беспозвоночные размером более 0,2 см) с последующим сапробиологическим анализом.

Видовое разнообразие фитопланктона, обнаруженного в пробах воды из реки Грузской Еланчик, представлено четырьмя классами водорослей: *Euglenophyta* (эвгленовые), *Cyanophyta* (сине-зеленые), *Chlorophyta* (зеленые) и *Bacillariophyta* (диатомовые).

Эвгленовые водоросли обычно встречаются в пресных водах, насыщенных органическими веществами; они имеют жгутик для активного движения и хлоропласты для фотосинтеза, хотя некоторые виды способны к гетеротрофному питанию, поглощая органику из окружающей среды. Сине-зеленые водоросли — это прокариоты (не имеющие оформленного ядра), образующие колонии или нити, способные к фотосинтезу и фиксации атмосферного азота. Зеленые водоросли — эукариоты (с оформленным ядром) одноклеточной, колониальной или многоклеточной формы с хлоропластами, содержащими хлорофилл *a* и *b* (как у высших растений). Диатомовые водоросли — одноклеточные водоросли, разнообразные по форме и размеру, с кремнеземным панцирем (фрастулой), состоящим из двух частей.

Экологическая роль разных классов водорослей неодинакова и значительно различается. Эвгленовые водоросли служат индикаторами загрязнения воды органическими веществами, поскольку некоторые виды могут вызывать «цветение» воды, придавая ей зеленоватый или красноватый оттенок. Цианобактерии, являясь важными первичными продуцентами (автотрофами) в водных экосистемах, также могут указывать на качество воды, поскольку вызывают «цветение» (особенно в теплую погоду), что приводит к снижению уровня кислорода и выделению токсичных веществ (цианотоксинов), опасных для рыб, других водных организмов и человека. Зеленые водоросли, из-за их чувствительности к изменениям окружающей среды, тоже используются как индикаторы качества воды и являются важными автотрофами, служащими пищей для зоопланктона и рыб. Диатомовые водоросли, будучи важными первичными продуцентами, особенно в холодных водах, также применяются для оценки качества воды, поскольку разные виды по-разному реагируют на загрязнение, а после их отмирания кремнеземные панцири оседают на дно, формируя диатомовые отложения (диатомит).

Обнаружение этих четырех классов водорослей в реке Грузской Еланчик говорит о разнообразии фитопланктона в данной водной экосистеме. Однако, для бо-

лее точной оценки состояния экосистемы реки Грузской Еланчик и потенциальных проблем, необходимо знать видовой состав каждого класса для проведения сапробиологического анализа (таблица 1).

Таблица 1.

Видовой состав фитопланктона на гидрологических створах бассейна реки Грузской Еланчик

Таксон	Гидрологический створ							Долевое распределе- ние, %
	1	2	3	4	5	6	7	
1 группа Евгленовые водоросли (<i>Euglenophyta</i>)								
<i>Cyclidiopsis aus</i>	+		+		+	+	+	60,9
<i>Euglena geniculata</i>	+		+	+	+	+	+	
<i>Eutreptia lanovii</i>	+		+		+	+	+	
<i>Lepocinclis globula</i>	+		+		+	+	+	
<i>Phacus monlatus</i>			+		+			
<i>Phacus orbicularis</i>	+					+	+	
<i>Phacus pyrum</i>		+						
<i>Trachelomonos volvocina</i>	+	+	+		+	+	+	
Количество видов	6	2	6	1	6	6	6	
2 группа Сине-зеленые водоросли (<i>Cyanophyta</i>)								
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	+	+	+	+	+	+	+	18,1
<i>Anabaena circinalis</i>		+						
<i>Merismopedia tenuissima</i>		+					+	
<i>Microcystis aeruginosa</i>		+		+				
<i>Oscillatoria tenuis</i>		+						
Количество видов	1	5	1	2	1	1	2	
3 группа Зеленые водоросли (<i>Chlorophyta</i>)								
<i>Chlamidomonas pertusa</i>	+		+		+	+	+	13,33
<i>Chlamidomonas reinhardtii</i>	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Chlorella vulgaris</i>	+	+		+	+	+	+	
<i>Chlorogonium dongatum</i>			+			+	+	
<i>Chlorogonium elongatum</i>					+			
<i>Closterium intermedium</i>	+				+	+	+	
<i>Scenedesmus acutus</i>		+						
<i>Spirogyra porticalis</i>	+				+	+	+	
Количество видов	5	3	3	2	6	6	6	

Таксон	Гидрологический створ							Долевое распределе- ние, %
	1	2	3	4	5	6	7	
4 группа Диатомовые водоросли (<i>Bacillariophyta</i>)								
<i>Bacillaria paradoxa</i>	+				+	+	+	7,6
<i>Cylindrotheca gracilis</i>	+				+		+	
<i>Cymbella cymbiformis</i>					+			
<i>Fragilaria capucina</i>	+				+	+	+	
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	+				+	+	+	
<i>Nizshia microcephata</i>	+	+	+		+	+	+	
<i>Pinnularia viridis</i>	+				+	+	+	
<i>Pleurosigma salinarum</i>	+			+	+	+	+	
<i>Stephonodiscus astraea</i>				+				
<i>Stephonodiscus hantzshii</i>	+	+	+		+	+	+	
Количество видов	8	2	2	2	9	7	8	
Общая биомасса, г/м³	27,9	20,2	10,5	29,5	24,6	49,5	50,5	212,7/100

В фитопланктонном сообществе реки Грузской Еланчик выявлен 31 таксон водорослей видового ранга. Наибольшим таксономическим разнообразием отличаются диатомовые водоросли, на долю которых приходится 32,3 % (10 видов) от общего видового состава фитопланктона. Сине-зеленые водоросли представлены в меньшем количестве — 16,1 % (5 видов). Эвгленовые и зеленые водоросли демонстрируют схожую представленность, составляя по 25,8 % (8 видов) от общего количества водорослей. Количественные показатели развития фитопланктона в реке Грузской Еланчик варьируют в зависимости от гидрологического створа. Наибольшие значения биомассы фитопланктона зафиксированы на гидрологических створах № 6 и № 7, составляя 49,5 г/м³ и 50,5 г/м³ соответственно. Наименьшее значение отмечено на гидрологическом створе № 3 — 10,5 г/м³.

Среди 31 идентифицированного таксона водорослей видового ранга, 17 являются индикаторными видами-сапробионтами, из которых преобладают α- и β-мезосапробы (76,5 %): α-мезосапробы (*Chlorogonium elongatum*, *Oscillatoria tenuis*, *Stephonodiscus hantzshii*, *Chlamidomonas reinhardtii*) — 23,5 %; β-мезосапробы (*Phacus orbicularis*, *Pinnularia viridis*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Bacillaria paradoxa*, *Gyrosigma acuminatum*, *Nizshia microcephata* и другие виды) — 47,1 %. На долю р-α-сапробов приходится 5,9 %, представленных *Euglena geniculata*, которая выявлена на шести гидрологических створах реки Грузской Еланчик.

В пробах воды бассейна реки Грузской Еланчик, отобранных на гидрологических створах № 1, 3–7, обнаружены три основные группы зоопланктона: *Rotifera* (Коловратки), *Cladocera* (Ветвистоусые) и *Copepoda* (Веслоногие), за исключением гидрологического створа № 2, где выделены только два вида копепоид (таблица 2).

Таблица 2.

Видовой состав зоопланктона бассейна реки Грузской Еланчик

Таксон	Гидрологический створ						
	1	2	3	4	5	6	7
1 группа Коловратки (<i>Rotifera</i>)							
<i>Asplanchna sieboldii</i>	–	–	–	–	–	–	+
<i>Brachionus amphiceros</i>	+	–	+	–	+	+	+
<i>Brachionus calyciflorus</i>	+	–	+	+	+	+	+
<i>Brachionus plicatilis</i>	+	–	–	–	–	–	+
<i>Keratella cochlearis</i>	+	–	–	–	–	–	+
<i>Notholca acuminata</i>	+	–	–	–	–	–	+
<i>Synchaeta pectinata</i>	+	–	+	+	+	+	+
Количество видов	6	–	3	2	3	3	7
2 группа Ветвистоусые (<i>Cladocera</i>)							
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	–	–	–	+	–	–	–
<i>Ceriodaphnia lacustris</i>	+	–	–	–	–	–	+
<i>Daphnia pulex</i>	+	–	–	+	–	–	+
<i>Oxyurella tenuicaudis</i>	+	–	+	–	+	+	+
Количество видов	3	–	1	2	1	1	3
3 группа Веслоногие (<i>Copepoda</i>)							
<i>Eucyclops serrulatus</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Eurytemora sp</i>	+	+	+	+	+	+	+
Количество видов	2	2	2	2	2	2	2
Общая биомасса, г/м³	2,13	1,49	0,98	2,65	2,30	5,5	4,5

Количественные характеристики развития зоопланктона в реке Грузской Еланчик демонстрируют значительные различия между гидрологическими створами. Наибольшие значения биомассы микроскопических животных зафиксированы на створах № 6 и № 7 (5,5 г/м³ и 4,5 г/м³ соответственно), в то время как наименьший показатель отмечен на створе № 3 (0,98 г/м³).

Сапробиологический анализ выявил, что 53,8 % видов зоопланктона в бассейне реки Грузской Еланчик являются индикаторами сапробности. Среди них *Daphnia*

pulex (Ветвистоусые) указывают на α -мезосапробность, *Brachionus amphiceros*, *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus plicatilis*, *Keratella cochlearis*, *Synchaeta pectinata* (Коловратки) — на β -мезосапробность, а *Eucyclops serrulatus* (Веслоногие) — на α - β -сапробность (переходную форму).

Изучение зообентоса реки Грузской Еланчик позволило выявить разнообразие придонных беспозвоночных, отражающее состояние экосистемы реки Грузской Еланчик (таблица 3). Видовой состав представлен организмами, относящимися к различным систематическим группам, среди которых доминируют насекомые, моллюски и ракообразные, что может свидетельствовать о благоприятных условиях для их развития, таких как достаточное количество пищи и подходящие параметры среды.

Таблица 3.

Видовой состав зообентоса
бассейна реки Грузской Еланчик

№	Таксон	Гидрологический створ						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Тип Членистоногие (<i>Arthropoda</i>) Класс Насекомые (<i>Insecta</i>) Отряд Двукрылые (<i>Diptera</i>) — семейство Комары-звонцы (<i>Chironomidae</i>) роды <i>Tanytus</i> , <i>Trichotanytus</i> , <i>Chironomus</i> , <i>Procladius</i> — семейство Мокрецы (<i>Ceratopogonidae</i>) род <i>Culicoides</i> — семейство Мошки (<i>Simuliidae</i>) род <i>Simulium</i> — семейство Ручейники (<i>Polycentropodidae</i>) род <i>Cyrnus</i> — семейство Складчатокрылки (<i>Ptychopteridae</i>) род <i>Ptychoptera</i> — семейство Стекланницы (<i>Chaoboridae</i>) род <i>Chaoborus</i>	+	+	+	+	+	+	+
2	Тип Членистоногие (<i>Arthropoda</i>) Класс Насекомые (<i>Insecta</i>) Отряд Подёнки (<i>Ephemeroptera</i>) — семейство Длиннолапые (<i>Siphonuridae</i>) род <i>Siphonurus</i>	–	–	–	–	+	–	–
3	Тип Членистоногие (<i>Arthropoda</i>) Класс Насекомые (<i>Insecta</i>) Отряд Полужесткокрылые (<i>Hemiptera</i>) — семейство Водные клопы (<i>Nepidae</i>) род <i>Nepella</i>	–	–	–	–	–	+	–

№	Таксон	Гидрологический створ						
		1	2	3	4	5	6	7
4	Тип Членистоногие (<i>Arthropoda</i>) Класс Насекомые (<i>Insecta</i>) Отряд Стрекозы (<i>Odonata</i>) — семейство равнокрылых (<i>Lestidae</i>) род <i>Lestes</i> — семейство равнокрылых (<i>Calopterygidae</i>) род <i>Calopteryx</i> — семейство плосконожек (<i>Platycnemididae</i>) род <i>Platycnemis</i> — семейство разнокрылых (<i>Aeshnidae</i>) род <i>Aeshna</i> — семейство стрелок (<i>Coenagrionidae</i>) род <i>Coenagrion</i>	+	+	–	+	+	–	–
5	Тип Членистоногие (<i>Arthropoda</i>) Класс Высшие раки (<i>Malacostraca</i>) Отряд Равноногие (<i>Isopoda</i>) — семейство <i>Asellidae</i> , род <i>Asellus</i> вид Обыкновенный водяной ослик (<i>Asellus aquaticus</i>)	+	–	–	–	+	–	–
6	Тип Членистоногие (<i>Arthropoda</i>) Класс Высшие раки (<i>Malacostraca</i>) Отряд Бокоплавы (<i>Amphipoda</i>) — семейство амфиподовые ракообразные (<i>Gammaridae</i>), род <i>Gammarus</i> вид Гаммарус-блоха (<i>Gammarus pulex</i>)	–	–	–	+	–	–	–
7	Тип Моллюски (<i>Mollusca</i>) Класс Брюхоногие моллюски (<i>Gastropoda</i>) Отряд Архитениоглоссы (<i>Architaenioglossa</i>) — семейство Прудовики (<i>Lymnaeidae</i>), род <i>Lymnaea</i> вид Прудовик малый (<i>Lymnaea truncatula</i>) вид Прудовик овальный (<i>Lymnaea ovata</i>)	+	+	+	–	–	+	+
8	Тип Кольчатые черви (<i>Annelida</i>) Класс Поясковые (<i>Clitellata</i>) Подкласс Пиявки (<i>Hirudinea</i>) Отряд Челюстные пиявки (<i>Arhynchobdellida</i>) — семейство Глоточные пиявки (<i>Erpobdellidae</i>), род <i>Erpobdella</i> , вид Пресноводная пиявка (<i>Erpobdella octoculata</i>)	–	–	–	–	+	–	–

№	Таксон	Гидрологический створ						
		1	2	3	4	5	6	7
9	Тип Кольчатые черви (<i>Annelida</i>) Класс Поясковые (<i>Clitellata</i>) Подкласс Малощетинковые черви (<i>Oligochaeta</i>) Отряд Высшие олигохеты (<i>Lumbricomorpha</i>) — семейство <i>Lumbricidae</i> род <i>Eiseniella</i> , вид Дождевой червь (<i>Eiseniella tetraedra</i>)	—	—	—	—	+	—	—
Общая биомасса, г/м ²		3,21	1,35	1,53	1,85	2,88	0,28	0,31

Распределение видов неравномерно и зависит от гидрологических условий и степени загрязнения на каждом из семи исследованных гидрологических створов. Преобладание личинок двукрылых насекомых (*Diptera*) и фрагментов личинок семейства *Chironomidae* на всех гидрологических створах указывает на их высокую адаптивность к различным уровням загрязнения и кислородного режима, что делает их важным индикатором состояния водной среды. Наряду с доминирующими двукрылыми, в пробах обнаружены личинки стрекоз (*Odonata*), равноногие раки (*Isopoda*), бокоплавы (*Amphipoda*), пиявки (*Herpobdella*) и моллюски (*Lymnaea*). Присутствие этих групп указывает на более сложные трофические связи и потенциально более устойчивую экосистему.

Интересно отметить присутствие фрагментов личинок *Chironomidae* и неидентифицированных яиц насекомых на большинстве гидрологических створов, что указывает на активные процессы размножения и трансформации в экосистеме реки Грузской Еланчик. Обнаружение раковин моллюсков на отдельных гидрологических створах может свидетельствовать о прошлых условиях, благоприятных для их обитания, или о переносе раковин течением воды.

Общая биомасса зообентоса варьирует в широком диапазоне, от 0,28 г/м² до 3,21 г/м², что может быть связано с различиями в глубине, скорости течения, типе грунта и доступности пищевых ресурсов на каждом гидрологическом створе. Наибольшее разнообразие и биомасса зообентоса зафиксированы на створах № 1 и № 5, что может свидетельствовать о благоприятных условиях для развития и обитания беспозвоночных в этих участках реки. В то же время, створы № 6 и № 7 характеризуются наименьшими показателями биомассы, что может указывать на наличие факторов, ограничивающих развитие зообентоса, таких как загрязнение или недостаток кислорода.

Сапробиологический анализ показал, что значительная часть видов зообентоса является индикаторами уровня загрязнения воды. Наличие организмов, относящихся к β -мезосапробам, α -мезосапробам и p -полисапробам, указывает на различную степень органического загрязнения в разных участках бассейна реки Грузской Еланчик. Присутствие видов-индикаторов, таких как *Chironomus plumosus* и *Asellus aquaticus*, свидетельствует о наличии зон с повышенным уровнем загрязнения, требующих особого внимания при проведении природоохранных мероприятий.

Водные биологические ресурсы реки Грузской Еланчик представлены четырнадцатью видами гидробионтов аборигенных видов и интродуцентами (таблица 4).

Таблица 4

Видовой состав ихтиофауны реки Грузской Еланчик

№	Название гидробионта	Гидрологический створ						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Белый амур (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	—	+	+	—	—	—	—
2	Густера (<i>Blicca bjoerkna</i>)	—	+	—	—	—	—	—
3	Обыкновенный ёрш (<i>Gymnocephalus cernuus</i>)	—	+	—	—	—	—	+
4	Серебряный карась (<i>Carassius gibelio</i>)	+	+	+	+	+	+	+
5	Обыкновенный карп (<i>Ciprinus carpio</i>)	—	+	+	+	+	+	—
6	Краснопёрная плотва (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	+	+	+	—	—	—	+
7	Обыкновенный лещ (<i>Abramis brama</i>)	+	—	—	—	—	—	+
8	Речной окунь (<i>Perca fluviatilis</i>)	+	+	—	—	+	—	—
9	Обыкновенная плотва (<i>Rutilus rutilus</i>)	+	+	+	—	+	—	+
10	Узкопалый речной рак (<i>Astacus leptodactylus</i>)	—	+	—	+	—	+	—
11	Солнечный окунь (<i>Lepomis gibbosus</i>)	—	—	+	—	+	—	—
12	Обыкновенный судак (<i>Sander lucioperca</i>)	+	+	+	—	—	+	+
13	Белый толстолобик (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	—	+	—	—	—	—	+
14	Обыкновенная щука (<i>Esox lucius</i>)	—	+	—	—	—	—	—

Наиболее многочисленными видами водных биоресурсов реки Грузской Еланчик являются серебряный карась (*Carassius gibelio*), который присутствовал на всех

семи гидрологических створах, а также обыкновенный карп (*Ciprinus carpio*), плотва обыкновенная (*Rutilus rutilus*), обыкновенный судак (*Sander lucioperca*) и краснопёрлая плотва (*Scardinius erythrophthalmus*), что свидетельствует об их адаптивности к различным условиям обитания и успешной репродукции. Относительно невысокое видовое разнообразие ихтиофауны Грузского Еланчика может свидетельствовать о наличии определенных лимитирующих факторов, таких как качество воды, гидрологический режим или наличие антропогенного воздействия.

Анализ распределения видов гидробионтов по гидрологическим створам бассейна реки Грузской Еланчик позволяет получить информацию о пространственной неоднородности экосистемы реки и выявить участки, наиболее благоприятные для обитания тех или иных видов. Присутствие таких видов, как белый амур (*Ctenopharyngodon idella*) и белый толстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*), указывает на процессы интродукции, вероятно, с целью рыбоводства или мелиорации водоема. Эти виды, являясь растительноядными, могут оказывать влияние на структуру водной растительности и пищевые цепи в реке. Узкополый речной рак (*Astacus leptodactylus*), как компонент донной фауны, играет важную роль в процессах разложения органического вещества и служит пищей для хищных рыб.

Сапробиологический анализ показал, что обитающие в бассейне реки Грузской Еланчик гидробионты (обыкно-

венный карп, речной окунь, обыкновенный лещ и обыкновенная плотва) относятся к β -мезосапробным видам водных биологических ресурсов-индикаторов сапробности, способных к обитанию в среднезагрязнённых или почти очистившихся от бывшего загрязнения водоёмах, с азотом в виде аммония, нитритов и нитратов.

Для более полной оценки сапробности реки Грузской Еланчик показатели гидробиологического исследования дополнили результатами показателей гидрохимического исследования.

Поскольку водородный показатель играет важную роль в протекании различных химических и биологических процессов в водной среде, влияя на растворимость минералов, токсичность загрязняющих веществ и активность ферментов, нами проведен анализ этого показателя на гидрологических створах бассейна реки Грузской Еланчик (рисунок 1).

Проведенный анализ водородного показателя (pH) поверхностных вод реки Грузской Еланчик демонстрирует стабильные значения, находящиеся в пределах допустимого диапазона, установленного нормативными документами. Во всех семи гидрологических створах бассейна реки Грузской Еланчик зафиксированные значения pH колеблются от 7,27 до 8,44 единиц pH, что соответствует требованиям предельно допустимых концентраций для водных объектов (6,5–9,5).

Эти данные свидетельствуют о благоприятном кислотно-щелочном балансе в реке Грузской Еланчик и от-

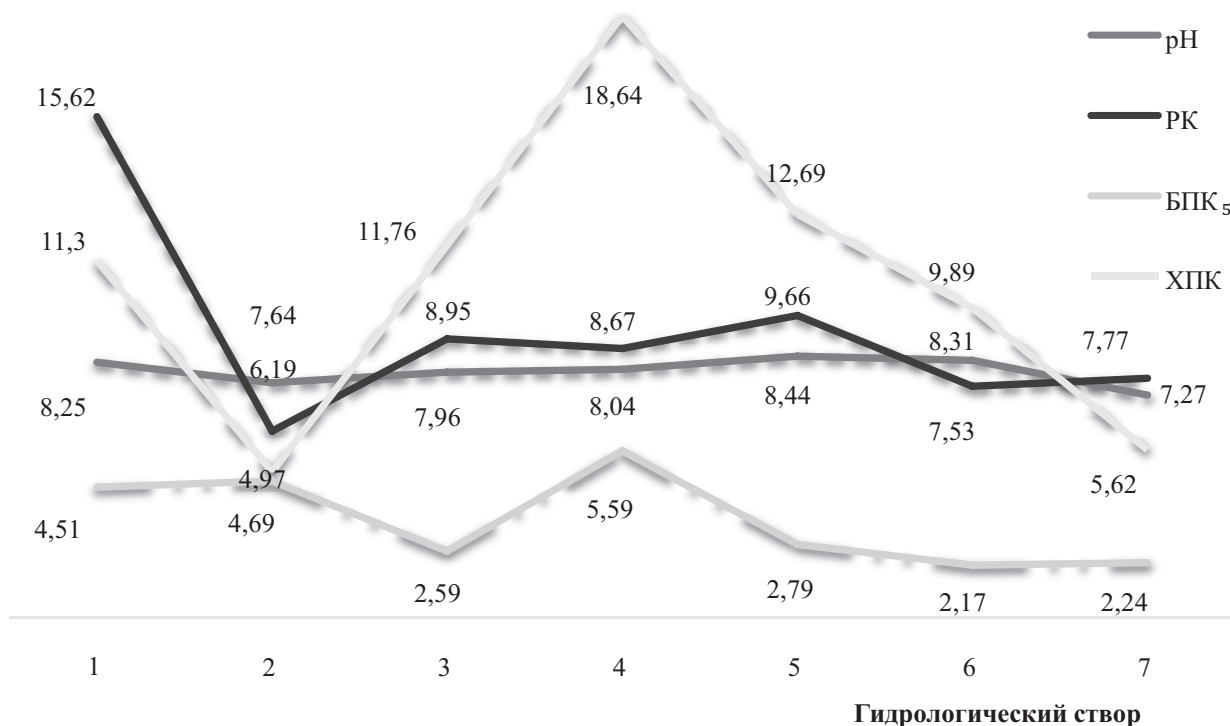


Рис. 1. Значения водородного показателя, растворенного кислорода, биохимического потребления кислорода, химического потребления кислорода в бассейне реки Грузской Еланчик

сутствии критических отклонений. Поддержание pH в пределах нормы является важным фактором для обеспечения жизнедеятельности водных организмов, а также для поддержания стабильности химических процессов, происходящих в водной среде.

Однако, для более полной оценки состояния реки необходимо учитывать и другие показатели качества воды, такие как содержание растворенного кислорода (РК, мг/дм³), биохимическое потребление кислорода (БПК₅, мг/дм³), химическое потребление кислорода (ХПК, мг/дм³), содержание взвешенных веществ, а также наличие загрязняющих веществ специфического характера (таблица 5).

Таблица 5.

Содержание минеральных форм азота и фосфора в поверхностных водах реки Грузской Еланчик, мг/дм³.

Показатели	ПДК	Гидрологический створ						
		1	2	3	4	5	6	7
Азот аммонийный	0,4	1,28	0,03	0,54	0,77	0,45	2,07	1,10
Азот нитритный	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,01
Азот нитратный	9,0	1,12	1,76	0,11	17,19	0,68	0,11	0,47
Фосфор фосфатный	0,2 — Э, 0,15 — М, 0,05 — О	0,08	0,81	0,88	0,78	0,10	0,17	0,21

Примечания: ПДК — предельно допустимая концентрация вещества в воде, Э — эвтрофный (высокое содержание биогенных веществ), М — мезотрофный (среднее содержание биогенных веществ), О — олиготрофный (низкое содержание биогенных веществ)

Полученные данные по содержанию растворенного кислорода в реке Грузской Еланчик свидетельствуют о ее благоприятном экологическом состоянии. Во всех семи исследованных гидрологических створах концентрация растворенного кислорода значительно превышает минимально допустимый уровень — 4 мг/дм³, что говорит о хорошей аэрации воды и благоприятных условиях для жизни водных организмов.

Наиболее высокие показатели растворенного кислорода зафиксированы в гидрологическом створе № 1, где концентрация достигла 15,62 мг/дм³. Это может быть связано с рядом факторов, таких как интенсивное перемешивание воды, активная фотосинтетическая деятельность водных растений или приток кислорода из атмосферы. Несколько более низкое значение, хотя и все еще превышающее допустимый минимум, наблюдается в гидрологическом створе № 2 (6,19 мг/дм³). В остальных створах показатели растворенного кислорода достаточ-

но высокие и варьируют от 7,53 до 9,66 мг/дм³. Снижение концентрации кислорода в данном участке реки может быть обусловлено локальными факторами, такими как замедление течения, повышенное содержание органических веществ, потребляющих кислород при разложении, или влияние антропогенной нагрузки.

Биохимическое потребление кислорода (БПК₅) — это важный показатель здоровья экосистемы водного объекта, характеризующий степень загрязнения воды органическими веществами. Он показывает, какое количество кислорода необходимо микроорганизмам для разложения этих веществ в течение пяти дней — чем выше БПК₅, тем больше органики в воде, и тем хуже для экосистемы водного объекта.

Проведенный анализ биохимического потребления кислорода (БПК₅) выявил обнадеживающую картину в пределах исследуемых гидрологических створов реки Грузской Еланчик.

Во всех семи исследованных гидрологических створах значения БПК₅ оказались значительно ниже установленных предельно допустимых концентраций, не превышающих 20 мг/дм³. Низкие значения БПК₅ указывают на отсутствие значительного загрязнения органическими веществами, которые могли бы активно потреблять кислород в процессе разложения, что обеспечивает благоприятные условия для существования водных организмов.

Химическое потребление кислорода (ХПК) отражает общее количество органических и неорганических веществ в воде, которые могут быть окислены химическим путем. Высокое значение этого показателя, может указывать на загрязнение воды органическими веществами и сточными водами. Проведенный анализ химического потребления кислорода позволяют сделать вывод о удовлетворительном состоянии воды в реке Грузской Еланчик.

Все семь гидрологических створов показали значения химического потребления кислорода, значительно уступающие предельно допустимой концентрации в 100 мг/дм³, что свидетельствует о низком уровне органического загрязнения в исследуемых створах реки.

Содержание взвешенных веществ — один из важных показателей, характеризующих её свойства: светопрозрачность, температурный баланс, распространение токсичных элементов и процесс седиментации. Повышенная концентрация этих частиц снижает прозрачность воды, препятствуя проникновению солнечного света необходимого для фотосинтезирующих водных растений, а также способствует нагреву воды вследствие поглощения солнечной энергии. Кроме того, взвешен-

ные частицы обладают способностью адсорбировать загрязняющие вещества (тяжелые металлы, пестициды и бактерии), перенося их на значительные расстояния или осаждая на дно водоемов приводя к заиливанию.

В створах № 1–3 и № 5–7 концентрация взвешенных веществ соответствовала предельно допустимым концентрациям (ПДК до 25 мг/дм³), что свидетельствовало об относительно хорошем качестве воды в этих участках реки Грузской Еланчик, а в гидрологическом створе № 4 концентрация взвешенных веществ превысила ПДК в девять раз, составив 223 мг/дм³.

В таблице 5 представлены результаты анализа содержания минеральных форм азота и фосфора в поверхностных водах реки Грузской Еланчик.

Анализ содержания аммонийного азота показал превышение ПДК в створах № 1, № 3–7. Наиболее значительное превышение зафиксировано в створе № 6, где концентрация аммонийного азота более чем в 5 раз превышает нормативное значение. В створе № 2 наблюдается минимальное содержание аммонийного азота, значительно ниже ПДК.

Содержание нитритного азота во всех створах находится на уровне ПДК или незначительно превышает его в створах № 3 и № 5. Это свидетельствует об относительно невысокой степени загрязнения воды нитритами.

Концентрация нитратного азота в большинстве створов значительно ниже ПДК. Однако, в створе № 4 наблюдается значительное превышение ПДК, что может указывать на локальный источник загрязнения нитратами.

Содержание фосфатного фосфора превышает ПДК для олиготрофных водоемов во всех створах. В створах № 2–4 наблюдается наиболее высокое содержание фосфатов, что может свидетельствовать о поступлении фосфорсодержащих веществ с близлежащих территорий.

Общий анализ полученных данных гидрохимического исследования свидетельствует о неоднородности экосистемы реки Грузской Еланчик. В то время как уровень растворенного кислорода, биохимического и химического потребления кислорода остается в пределах нормы, наблюдается превышение предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ для олиготрофных водоемов по ряду других показателей, особенно в отдельных гидрологических створах (№ 3 и № 4). Таким образом, река Грузской Еланчик демонстрирует признаки эвтрофикации, особенно в отношении содержания фосфатов.

Для оценки общей степени загрязнения воды в бассейне реки Грузской Еланчик рассчитали индекс за-

грязнения воды (ИЗВ). Этот индекс учитывает концентрацию различных загрязняющих веществ и позволяет классифицировать качества воды на классы (категории): чистая, слабо загрязненная, умеренно загрязненная, загрязненная и грязная.

Результаты расчета ИЗВ показали, что в большинстве гидрологических створов бассейна реки Грузской Еланчик вода соответствует III классу качества (ИЗВ 1–2) категории «умеренно загрязненная», поскольку ИЗВ реки Грузской Еланчик составил — 1,7. Наибольшее значение зафиксировано в гидрологическом створе № 4 — соответствует категории «загрязненная», что связано с высоким содержанием взвешенных веществ и нитратного азота, а наименьшее значение — в гидрологическом створе № 5, где вода характеризуется как «слабо загрязненная».

Превышение концентрации взвешенных веществ в створе № 6 указывает на наличие локального источника загрязнения, возможно, связанного с эрозией почвы или сбросом сточных вод. Повышенное содержание минеральных форм азота и фосфора в различных створах свидетельствует о загрязнении органическими веществами, поступающими как с сельскохозяйственных угодий, так и от других источников, таких как бытовые стоки.

Несмотря на то, что содержание нитритного азота остается относительно стабильным и близким к предельно допустимым концентрациям, превышение концентрации аммонийного и нитратного азота в ряде створов указывает на активные процессы нитрификации и денитрификации, а также на возможное поступление свежих органических загрязнений. Высокое содержание фосфатов во многих гидрологических створах, превышающее предельно допустимые концентрации для эвтрофных водоемов, может способствовать развитию эвтрофикации реки, приводя к ухудшению качества воды и нарушению экологического баланса.

Заключение

Более глубокое понимание экологического состояния реки Грузской Еланчик было достигнуто благодаря комплексному исследованию, основанному на гидробиологических и гидрохимических показателях сапробности, которые дополняли друг друга. Полученные данные гидрохимического исследования позволили установить источники и масштабы загрязнения, а гидробиологического — оценить последствия этого загрязнения для речной экосистемы.

Обнаруженное многообразие фитопланктона, представленного четырьмя различными классами водорослей, указывает на сложные экологические процес-

сы, происходящие в реке. Преобладание евгленовых (60,9 %) и сине-зеленых (18,1 %) водорослей, а также присутствие видов-индикаторов, свидетельствуют о загрязнении органическими соединениями, особенно выраженном в районах гидрологических створов № 6 и № 7.

Анализ структуры зоопланктонного сообщества подтверждает выводы, сделанные на основании изучения фитопланктона. Обнаружение коловраток, ветвистоусых и веслоногих ракообразных, в сочетании с их количественными характеристиками, отражает влияние антропогенных факторов на экосистему реки. Присутствие видов-индикаторов сапробности, таких как *Daphnia pulex* и *Brachionus spp.*, указывает на наличие β -мезосапробных и α -мезосапробных зон на различных участках реки, что свидетельствует об умеренном и значительном уровнях загрязнения соответственно.

Изучение зообентоса в различных гидрологических створах реки Грузской Еланчик выявило существенные различия в видовом составе и биомассе донных орга-

низмов: в гидростворах № 1 и № 5 зафиксировано наибольшее видовое разнообразие и общая биомасса, что может указывать на более благоприятные условия для обитания в этих зонах реки Грузской Еланчик.

Гидрохимический анализ реки Грузской Еланчик показал неоднородность экологического состояния реки. С одной стороны, благоприятные показатели растворенного кислорода, биохимического и химического потребления кислорода указывают на достаточную аэрацию и незначительное загрязнение органическими веществами на большинстве участков. С другой стороны, превышение предельно допустимых концентраций по ряду показателей, особенно по содержанию минеральных форм азота и фосфора, указывает на наличие проблем, связанных с загрязнением органическими веществами и эвтрофикацией. Кроме того, избыток биогенных элементов (нитратов, нитритов, фосфатов) может быть причиной доминирования евгленовых водорослей в составе фитопланктона, чья доля в общей биомассе составляет 60,9 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биомониторинг состояния реки Грузской Еланчик с применением метода флуориметрии / С.В. Беспалова, С.В. Чуфицкий, С.М. Романчук, Б.А. Готин // Наука и инновации XXI века: Сборник статей по материалам VI Всероссийской конференции молодых ученых, в 3 т., Сургут, 27 сентября 2019 года. Том I. — Сургут: Сургутский государственный университет, 2020. — С. 42–45.
2. Волкова, Н.Е. Методологические подходы к оценке воздействия природных и антропогенных факторов на речные геосистемы / Н.Е. Волкова, С.В. Подвалова, Л.Р. Умерова // Вода и экология: проблемы и решения. — 2021. — № 2(86). — С. 30–39.
3. Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И. Определитель пресноводных водорослей СССР. — М.: Совет. наука, 1986. Т. 1. — 420 с.
4. Дедикова Т.Н. Оценка гидрохимических и гидрологических показателей воды реки Волги / Т.Н. Дедикова, П.И. Бухарин // Наука и современность. — 2010. — № 1. — С. 57–60.
5. Комплексная оценка экологического состояния малых рек (на примере реки Подстепновки) / В.А. Селезнев, А.В. Селезнева, А.В. Рахуба и др. // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. — 2018. — № 6. — С. 83–100.
6. Кутикова Л.А., Старобогатов Я.И. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР: планктон и бентос. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 511 с.
7. Лаврентьева Г.М., Бульон В.В. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция. — Л., 1981. — 31 с.
8. Маргарян, В.Г. Оценка современного состояния гидрохимического режима и водно-экологические проблемы бассейна реки Гаварагет, впадающей в озеро Севан / В.Г. Маргарян, О.Я. Саядян, А.М. Седракан // Устойчивое развитие горных территорий. — 2023. — Т. 15, № 3(57). — С. 619–630.
9. Маркин В.Н. Оценка экологического состояния рек при разных уровнях загрязненности / В.Н. Маркин // Природообустройство. — 2012. — № 5. — С. 70–73.
10. Мартынов, В.В. Биологические инвазии животных в экосистеме Северного Приазовья на примере заповедника «Хомутовская степь» / В.В. Мартынов, Т.В. Никулина // Промышленная ботаника. — 2021. — Т. 21, № 3. — С. 140–161.
11. Морозова, Е.В. Сезонные изменения микробиологических показателей речки Грузской Еланчик / Е.В. Морозова, Е.В. Ветрова // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сборник докладов XXI научной конференции аспирантов и студентов. Посвящается 90-летию Донецкого национального технического университета, Дню окружающей среды, Международному году химии, Донецк, 12–14 апреля 2011 года. Том 1. — Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2011. — С. 187–188.
12. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской части. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2010. Т. 1. — 495 с.
13. Степаненко, Т.И. Исследование возможности предотвращения негативных последствий антропогенного воздействия на поверхностные водоемы / Т.И. Степаненко, О.А. Вахрушева // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. — 2019. — № 1. — С. 68–72.

© Алексеева Наталья Викторовна (alekseevadonagra@yandex.ru); Должанов Павел Борисович (pbdol@mail.ru);

Мироненко Оксана Александровна (ksunirondok@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»