

УДК 591.531(282.256.16)

**ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА  
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД  
(НА ПРИМЕРЕ Р. УЛЬБИ – НИЖНЕЕ ТЕЧЕНИЕ)**

Л.Б. Кушникова

*Приведен анализ динамики качества поверхностных вод р. Ульби (нижнее течение) по показателям развития сообществ макрозообентоса в период с 1991 по 2007 годы.*

В результате интенсивной деятельности промышленности, сельского хозяйства, транспорта водные объекты испытывают сильное негативное антропогенное воздействие. Объективная оценка степени воздействия различных загрязняющих факторов на качество поверхностных вод и выработка мер по охране их от загрязнения являются актуальными проблемами современности.

В 1975 г. в СССР была создана Общегосударственная служба наблюдения и контроля за загрязнением окружающей среды (ОГСНК). В задачи данной службы входило систематическое наблюдение и контроль за уровнем загрязнения вод по физическим, химическим и гидробиологическим показателям. В Восточном Казахстане гидробиологический мониторинг начали проводить с 1986 г. Для гидробиологического анализа качества вод водотоков использовали макрозообентос и перифитон [4].

Зообентос наиболее четко отражает качество вод и состояние экологических систем в водотоках. Благодаря продолжительному циклу развития многих видов донных животных их сообщества надежно характеризуют изменения водной среды за длительные периоды времени. В зависимости от места отбора проб показатели зообентоса позволяют получать интегральные оценки, как качества водотока, так и степени загрязнения самих донных отложений [2].

На основе многолетних систематических исследований (1986...2007 гг.) создана электронная база данных таксономического состава. Выделены доминантные группы животных региона исследований, указана пространственно-временная структура макрозообентоса. Определены корреляционные зависимости с гидрологическими и гидрохимическими характеристиками.

Гидробиологами лаборатории поверхностных вод Восточно-Казахстанского центра гидрометеорологического мониторинга (ЛПВ ВК ЦГМ) проводится обследование правобережных притоков р. Ертыс – рек Ульби, Глубочанки, Красноярки, Оби, Буктырмы, Брексы, Тихой.

В данной статье автор рассмотрел динамику качества поверхностных вод правобережного притока р. Ертыс – Ульби (нижнее течение) в период с 1991 по 2007 годы.

**Материалы и методика.** Сбор и обработка проб зообентоса осуществлялись с 1991...2007 гг. на трех стационарных створах сети ОГСНК. Перечень створов и их местоположение приведены в табл. 1. За весь период исследования собрано и обработано 189 качественных проб и 61 количественная. Количественная проба отличается от качественной тем, что в ней просчитывается численность и определяется биомасса всех отобранных животных, а затем делается перерасчет на квадратный метр. Отбор и обработка проб проводились в соответствии с методикой, изложенной в «Руководстве по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений», принятой в Казгидромете [4]. При определении качества поверхностных вод по показателям развития макрозообентоса использовали метод расчета биотического индекса Вудивисса [4]. Выделение периодов экологического состояния водных экосистем проводили в соответствии с системой «экологических модификаций» В.А. Абакумова [1].

Таблица 1

Створы гидробиологического мониторинга на р. Ульби

Створ	Расстояние от устья, км	Место расположения
1	25	г. Усть-Каменогорск, в черте поселка Каменный Карьер, «фоновый»
2	1,45	г. Усть-Каменогорск, 1,45 км выше устья (0,1) – левый берег
3	1,45	г. Усть-Каменогорск, 1,45 км выше устья (0,9) – правый берег

Бентофауна р. Ульби довольно разнообразна и представлена видами, характерными для текучих водоемов. В составе зообентоса р. Ульби с 1991 по 2007 годы встречено 82 таксона водных беспозвоночных, из них личинок веснянок – 16, личинок поденок – 18, личинок ручейников – 13, личинок двукрылых – 12 и другие (табл. 2). Доля оксиреофильных видов составляет 58 %.

При анализе динамики средних значений биотического индекса (БИ) в створах р. Ульби в черте г. Усть-Каменогорска в период

1991...2007 гг. (рис. 1) автором выделены 5 основных периодов экологического состояния водных экосистем (в соответствии с классификацией экологических модуляции Абакумова В.А. [1]):

- 1) Период экологической стабилизации: 1991...1994 гг.;
- 2) Период экологического прогресса: 1995...1997 гг.;
- 3) Период экологического регресса: 2000 г.;
- 4) Период экологического прогресса: 2001...2004 гг.;
- 5) Период экологической стабилизации: 2005...2007 г..

Таблица 2

Таксономическое обилие макрозообентоса по группам  
(р. Ульби – нижнее течение, 1991...2007 гг.)

Отряд водных беспозвоночных	Количество таксонов
Веснянки	16
Поденки	18
Ручейники	13
Моллюски	4
Пиявки	3
Стрекозы	3
Бокоплавы	2
Двукрылые	12
Личинки жуков	4
Прочие	7
Всего	82

БИ

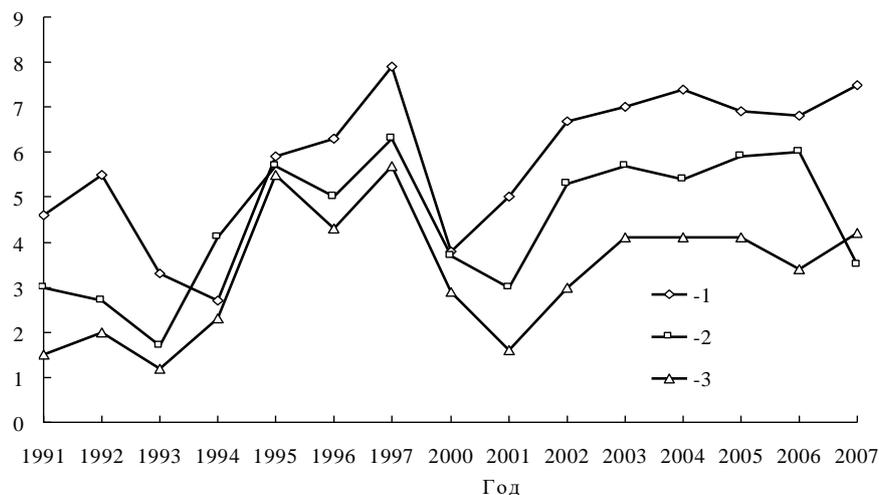


Рис. 1. Динамика средних значений биотического индекса на створах р. Ульби в черте г. Усть-Каменогорска. 1 – 1 створ, 2 – 2 створ, 3 – 3 створ.

### **1. Период экологической стабилизации: 1991...1994 гг.**

Качество воды р. Ульби в черте г. Усть-Каменогорска в целом оценивается V классом (грязные). Однако качественные и количественные характеристики донных сообществ беспозвоночных на различных участках не однородны. Более благополучно выглядит створ в черте пос. Каменный карьер. Здесь качество вод оценивается III классом. Значения биотического индекса равнялись 5...6. По системе В.И. Абакумова биоценоз этого участка реки находится в состоянии экологической стабилизации. Основу его составляют индикаторы чистых вод, а устойчивость биоценоза закреплена видами с о-β валентной сапробностью – гаммарусы, моллюски.

Важным показателем при выявлении зон загрязнения, является количественное соотношение представителей эколого-генетических и трофических групп организмов. Контрастно выглядят донные сообщества макробеспозвоночных в черте г. Усть-Каменогорска, в точках 2 и 3, которые расположены ниже сбросов сточных вод промышленных предприятий города. На левобережье преобладающее положение занимают личинки ручейников, моллюски, личинки стрекоз. На правом берегу в составе биоценозов доминируют виды толерантные к сильному загрязнению: личинки хирономид, олигохеты, водные клещи.

Таким образом, опираясь на данные гидробиологического анализа, можно отметить отрицательное воздействие сбросов сточных вод предприятий на биоту р. Ульби.

### **2. Период экологического прогресса: 1995...1997 гг.**

В это время были отмечены признаки экологического прогресса: увеличилось таксономическое обилие макрозообентоса и пространственная гетерогенность. В этот период значительно улучшился гидрохимический режим водотока. За три года в 5 раз снизился объем сточных вод, резко понизились значения индексов загрязнения. Биота адекватно отреагировала на изменения абиотических факторов. Таксономическое обилие разнообразия зообентоса увеличилось с 29 таксонов в 1995 г. до 34 в 1996 г. и 48 в 1997 г. Преобладающее положение занимали таксоны с х- и о- валентной сапробностью. В биоценозах снизилась доля видов, ареал распространения которых связан с загрязненными водами. Согласно приведенным данным (рис. 1), качество воды улучшилось на всех контролируемых точках. Значение биотического индекса повысилось до 5...7, что соответствует II...III классу качества вод (чистые, умеренно загрязненные).

В 1998...1999 гг. мониторинговые работы на водотоках области не проводились. В 2000 году исследования были возобновлены, и этот год является отправным для следующего периода.

### **3. Период экологического регресса: 2000 г.**

В этом году донные сообщества животных находились в состоянии экологического регресса. Качественные и количественные характеристики зообентоса на 2...4 порядка ниже по сравнению с этапом экологического прогресса (1994...1997 гг.) и выше на уровень, чем в период экологической стабилизации в 1992...1994 гг. В этот период отмечалось низкое значение биотического индекса, класс качества вод IV...V.

### **4. Период экологического прогресса: 2001...2004 гг.**

За 4 года таксономическое обилие зообентоса р. Ульби в черте г. Усть-Каменогорска увеличилось почти в 2 раза. В 2002 г. было зафиксировано 28 таксонов животных, в 2003 г. – 41, а в 2004 г. – 56 таксонов. Наибольшим видовым обилием характеризуется «фоновый створ» в черте пос. Каменный карьер. Здесь в пробах встречалось от 22 до 44 видов. На второй точке исследования зафиксировано от 14 до 22 таксонов, а в правобережной от 9 до 14. Основу макрозообентосных сообществ составляли оксифильные группы животных – личинки поденок, веснянок, ручейников. На их долю приходилось от 50 % до 60 %. Весомую долю в гидробиоценозах составляют виды, толерантные к умеренному загрязнению – моллюски, личинки двукрылых, клопы. Количество таксонов хорошо переносящих загрязнение невелико, однако на створах наблюдения с наибольшей антропогенной нагрузкой они доминируют по численности.

В 2002 г. отмечается резкий скачок в экологическом состоянии водных экосистем р. Ульби в черте г. Усть-Каменогорска в сторону прогресса. Увеличивается таксономическое обилие, значение биотического индекса возрастает до 6,7. Левобережье по показателям зообентоса оценивается III классом качества вод (умеренно загрязненные). Превалирующее положение здесь занимают личинки ручейников, моллюски, личинки стрекоз. Среднее значение биотического индекса равно 5. На правом берегу в составе биоценоза доминирующее положение занимают виды, толерантные к сильному загрязнению: личинки хирономид, олигохеты, водные клещи. Средневегетационные значения БИ равны в 2001 г. – 2,8 и в 2002 г. – 3,0. Это соответствует V классу качества воды – грязные.

В 2003 г. признаки экологического прогресса продолжают нарастать. Так, среднее значение БИ достигло 7, количество таксонов возросло до 43 против 29 в 2002 г.

Анализируя рис. 1, можно говорить о высокой степени динамики качества поверхностных вод р. Ульби в черте г. Усть-Каменогорска. Периоды регресса и прогресса стремительно сменяют друг друга, а время стабилизации длится не более 2 лет. Данное обстоятельство является ответной реакцией биоты на хаотичное и быстрое изменение гидрохимического режима. Динамика средних значений индекса загрязненности воды (ИЗВ) за 10 лет ярко иллюстрирует это утверждение (табл. 3).

Таблица 3

Динамика средних значений ИЗВ в створах р. Ульби в черте г. Усть-Каменогорска в 1994...2004 гг.

Створ	Год									
	1994	1995	1996	1997	1998	2000	2001	2002	2003	2004
1	2,83	4,61	2,27	1,02	1,08	1,15	1,58	2,38	1,58	22,33
2	4,54	4,96	2,52	1,08	1,50	3,17	2,26	2,47	1,88	22,83
3	5,46	3,6	2,52	1,31	1,39	2,06	2,46	2,56	1,84	22,84

Гидробиологические и гидрохимические характеристики качества поверхностных вод хорошо коррелируют друг с другом. Если значение БИ высокое, то, следовательно, значение ИЗВ низкое, что доказывает состоятельность гидробиологического метода оценки качества вод.

Стабилизация гидрохимического режима за последние годы привела к стабилизации гидробиологического. Описанные закономерности относятся не только к временным характеристикам состояния сообществ макрозообентоса, но и пространственным.

По данным ИЗВ и БИ наиболее чистым является 1 створ. На порядок ниже качество воды в створе 2. Самые низкие показатели качества поверхностных вод в створе 3.

#### 5. Период экологической стабилизации: 2005...2007 гг.

Рассмотрим подробно динамику показателей макрозообентоса за последние три года. Начиная с 2005 г., донные сообщества водных беспозвоночных р. Ульби как по створам наблюдения, так и по сезонам характеризуются стабильностью. В 2005 г. в составе бентофауны данного водотока определено 54 таксона животных: это личинки веснянок, поденок, ручейников, стрекоз, двукрылых, клопов, жуков, а так же – пиявок, моллюсков, олигохет. Чаше других видов встречаются личинки хирономид,

клопов и моллюски. Только в весенне-летнее время в пробах обнаружены личинки веснянок и поденок. Особенно разнообразны майские пробы. В этом месяце встретилось 27 водных беспозвоночных. Самым бедным оказался сентябрь. Было отловлено и определено только 8 видов животных.

Характеристика качества поверхностных вод р. Ульби по створам выглядит следующим образом. Самым чистым является «фоновый» створ. За весь период вегетации на данной точке отловлено 34 таксона животных из 54 и 21 из них относится к группе оксиреофилов. С мая по август значения БИ варьировали на данной точке от 7 до 10, что соответствует категории чистые. Только сентябрьская проба содержала 2 вида – это личинки стрекозы и хирономиды. Значение БИ снизилось до 2. Однако уже в октябре произошло восстановление биогеоценоза. В составе донного сообщества появились личинки ручейников и двукрылых. Биотический индекс поднялся до 6 – вода умеренно загрязненная. Средневегетационное значение биотического индекса равнялось 6,9, что соответствовало II классу – чистые.

Ниже по течению вторая и третья точки исследования, как и в прошлые годы, значительно отличались друг от друга. На левом берегу основу биоценоза составляли виды, толерантные к чистым и умеренно загрязненным водам. Основу его составили личинки поденок, ручейников, моллюски. Биотический индекс изменяется в основном от 5 до 9. Средневегетационное значение биотического индекса равнялось 5,9, что соответствует III классу качества вод – умеренно загрязненная. На правом берегу доминирующими видами были личинки хирономид и пиявки. Значение БИ понизилось до 4,1 – вода загрязненная. Однако необходимо отметить, что в этом году в данной точке стали появляться виды индикаторы чистых вод – личинки поденок и даже в майской пробе были обнаружены личинки *Isoperla asiatica*. Это является сигналом улучшения экологической обстановки на данном участке реки.

В целом, по гидробиологическим показателям качество воды р. Ульби в черте г. Усть-Каменогоска в 2005 г. можно оценить как умеренно загрязненная.

В 2006 г. в составе бентофауны данного водотока определен 51 таксон животных. Это личинки веснянок, поденок, ручейников, стрекоз, двукрылых, клопов, жуков, а так же моллюски, олигохеты. В 2006 г. наиболее разнообразными являются летние пробы. За три летних месяца в пробах определено 49 таксонов водных беспозвоночных. Весенние и осенние пробы очень бедны. Весной обнаружено только 5 таксонов. Май-

ские пробы практически пустые. Осенью несколько больше – 8 и то в сентябре, так как октябрьские пробы были пустыми.

Характеристика качества поверхностных вод по показателям состояния зообентоса выглядит следующим образом. Самым чистым является 1 створ. За весь период вегетации в данной точке отловлено 34 таксона животных из 51 и 26 из них относится к группе оксиреофилов. С мая по август значения биотического индекса варьировали в данной точке от 5 до 10, что соответствует категории чистые. Особенно в июне в данной точке зообентос получил бурное развитие. В составе биоценоза определен 31 таксон. Биотический индекс равен 10 – вода чистая. С июля по сентябрь в пробах определено 4...11 таксонов, а значения биотического индекса равнялись 5 и 8. Средневегетационное значение биотического индекса равно 6,8, что соответствует II классу – чистые.

Ниже по течению створы 2 и 3 как и в прошлые годы значительно отличаются друг от друга. На левом берегу основу биоценоза составляют виды, толерантные к чистым и умеренно загрязненным водам. Основу его составляют личинки поденок, ручейников, моллюски. Биотический индекс стабилен в течение всего периода наблюдения и варьирует в рамках II класса качества вод – чистая. Средне вегетационное значение БИ равно 6, что соответствует III классу качества вод – умеренно загрязненная. На правом берегу доминирующими видами были личинки хирономид. Значение биотического индекса понизилось до 3,4 – вода грязная. В целом, по гидробиологическим показателям качество воды р. Ульби в черте г. Усть-Каменогоска в 2006 г. можно оценить умеренным загрязнением.

В 2007 г. в составе макрозообентоса р. Ульби в черте г. Усть-Каменогорска было определено 39 таксонов беспозвоночных – это личинки веснянок, поденок, ручейников, двукрылых, клопов, жуков, моллюски, олигохеты. В 2007 году был расширен перечень определяемых метрик. Были добавлены показатели численности, биомассы, расчет индекса видового разнообразия Шеннона. Повсеместно и во все сезоны наблюдения встречаются личинки хирономид, клопы, двукрылые рода *Atherix* sp., личинки ручейников рода *Hydropsyche* sp. Эти таксоны составляют доминирующий комплекс. Динамика таксономического разнообразия выглядит следующим образом (рис. 2). В весенних пробах обнаружено от 11 таксонов животных, 10 из 11 в створе 1 и по 3 таксона в створе 2 и 3. В летне-осенний период таксономическое разнообразие увеличилось в 2 раза, но соотношение по числу зафиксированных видов по створам осталось таким

же, как и в весенних пробах. На первой точке исследовано 27 таксонов, а на расположенных ниже – 13.

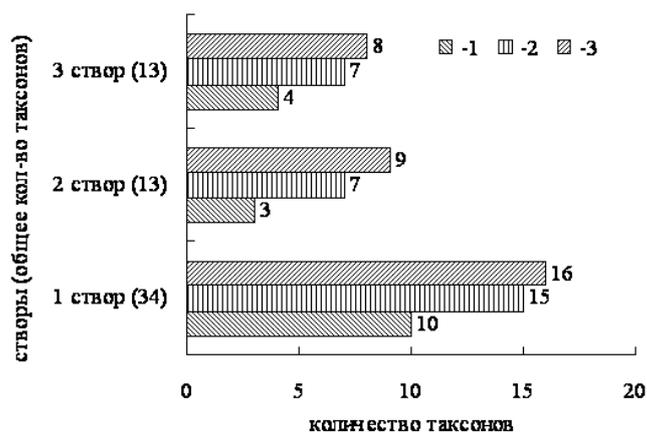


Рис. 2. Сезонная динамика таксономического обилия макрозообентоса р. Ульби в черте г. Усть-Каменогорска в 2007 г. (1- весна, 2- лето, 3- осень)

В 2007 году качество воды р. Ульби в точках наблюдения изменилось по сравнению с 2002...2006 годами. На одних створах в сторону улучшения, а на других наоборот. Самым чистым являлся 1 створ. За весь период открытой воды здесь отловлено 33 таксона беспозвоночных, на долю оксифильных видов приходилось 58,8 %. Среднее значение индекса таксономического разнообразия Шеннона-Уивера равно 1,82. Значения БИ варьировали в рамках II класса качества вод (7...8), а средневегетационное значение составило 7,5 – вода чистая. По сравнению с 2006 годом качество воды на данном створе стало лучше, о чем свидетельствует увеличение средневегетационного значения БИ с 6,8 в 2006 г. до 7,5 в 2007 г.

В 2007 г. в створе 3 ситуация улучшилась, повысилось таксономическое обилие и увеличился биотический индекс. В створе 2 наоборот качество воды ухудшилось и это наглядно демонстрируют данные, приведенные в табл. 4.

Гидробиологические данные довольно хорошо коррелируют с гидрохимическими (ИЗВ), что отражено в табл. 4. Мы считаем, что улучшение качества поверхностных вод р. Ульби в 3 створе можно объяснить снижением антропогенной нагрузки со стороны промышленных предприятий г. Усть-Каменогорска. В створе 2 в 2007 г. неоднократно возникали нештатные ситуации, связанные с появлением огромного масляного пятна. Отмечалось превышение ПДК по нефтепродуктам. Качество воды р. Уль-

би в черте г. Усть-Каменогорска, по гидробиологическим показателям в 2007 г. стало хуже и оценивается III классом – умеренное загрязнение.

Таблица 4

Количественные характеристики развития донных сообществ макрозообентоса в створах р. Ульби в 2007 г.

Створ	ТО	ИШУ	Численность, экз./м <sup>2</sup>	Б, г/м <sup>2</sup>	БИ	КК (БИ)	ИЗВ	КК (ИЗВ)
1	27	1,82	31,90	0,334	7,5	II	2,47	III
2	13	1,00	51,27	0,430	3,5	IV	2,94	IV
3	13	0,89	86,51	0,267	4,2	IV	3,28	IV

*Примечание:* ТО – таксономическое обилие, ИШУ – индекс Шеннона-Уивера, Б – биомасса, КК(БИ) – класс качества по биотическому индексу, КК (ИЗВ) – класс качества по индексу загрязнения воды.

Таким образом, многолетние наблюдения за состоянием сообществ макрозообентоса позволяют объективно оценить качество поверхностных вод водотоков, так как биота отражает совокупное воздействие факторов среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов В.А. Экологические модификации и развитие биоценозов: Труды междунард. симпозиума «Экологические модификации и критерии экологического нормирования». – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 18-40
2. Баканов А.И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов // Биология внутренних вод. – 2000. – № 1. – С. 68-82.
3. Методология оценки состояния экосистем / О.М. Кожова и др. – Ростов-на-Дону: ЦВР, 2000. – 128 с.
4. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. С. 15-32.

Восточно-Казахстанский центр гидрометеорологии, г. Усть-Каменогорск

#### **ЖЕР БЕТІ СУЛАРЫ САПАЛАРЫНЫҢ ГИДРОБИОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГІСІ (ҮЛБІ ӨЗЕНІ – ТӨМЕНГІ АҒЫСЫ МЫСАЛЫНДА)**

Л.Б. Кушникова

*Үлбі өзені сапасы динамикасын 1991...2007 жылдар аралығындағы макрозообентос қауымдастығының даму көрсеткіштері бойынша талдау көрсетілген.*