

Длительное сохранение эффектов последствия протестированных продуктов нефтедобычи свидетельствует об опасности загрязнения окружающей среды подобного рода токсикантами. Передаваясь по пищевой цепи и попадая в организм человека с пищей, либо непосредственно, токсиканты могут оказывать негативное влияние как на здоровье самого человека, так и на здоровье его будущего потомства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Миронов О. Г. Взаимодействие морских организмов с нефтяными углеводородами. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 127 с.
2. Михайлова Л. В. Современный гидрохимический режим и влияние загрязнений на водную экосистему и рыбное хозяйство Обского бассейна // Гидробиологический журнал. 1991. Т. 24, № 5. С. 80-89.
3. Михайлова Л. В., Петухова Г. А., Тупицына Л. С. Исследование мутагенного и тератогенного действия нефти и нефтесодержащего бурового раствора / В. сб.: Физиология и токсикология гидробионтов». Ярославль, 1989. С. 134-143.
4. Нельсон-Смит А. Нефть и экология моря. М.: Прогресс, 1977. 185 с.
5. Велиханов Э. Е. Влияние различных концентраций нефти на личинок куринской белуги и осетра // Генетика. 1975. Т. 4, № 6. С. 75-86.
6. Литвинова Е. М., Шварцман П. Я. Изучение механизма инактивации и мутагенеза при действии этиленмина на половые клетки. Генетика. 1973. Т. 9, № 7. С. 74-79.
7. Петрова Л. Г., Тихомирова М. М. Изучение эффекта последствия радиации на разные типы мутаций у дрозофилы. Сообщение 1. Доминантные летали // Генетика. 1973. Т. 9, № 5. С. 56-65
8. Шварцман П. Я., Анисимова А. И. Изучение механизма инактивации и мутагенеза при действии этиленмина на половые клетки дрозофилы // Генетика. 1973. Т. 9, № 3. С. 5-15.

**Ольга Анатольевна АЛЕШИНА —**  
**доцент кафедры зоологии и ихтиологии**  
**биологического факультета,**  
**кандидат биологических наук**

УДК 574.633

### **ОЦЕНКА САНИТАРНО-ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА КУЧАК МЕТОДОМ БИОИНДИКАЦИИ**

*АННОТАЦИЯ.* Санитарно-гидробиологическая характеристика озера составлена на основании анализа качественного состава и количественного развития индикаторных видов зоопланктона и зообентоса. Оценка качества воды дана с позиций сапробиологии методами Вудивисса и Гуднайта-Уитлея, Пантле-Букка и векторным методом Головина.

*The paper presents sanitary and hydrobiological characteristics of the lake Kuchak based on the analysis of quality and quantity of the development of indicator kinds of zooplankton and zoobentos. Water quality assessment is given according to the position of saprobiological analysis with the use of Woodiwiss and Goodnight-Whitley, Pantle-Buck methods and vector method of Golovin.*

## ВВЕДЕНИЕ

Известно, что качество воды, ее биологическая полноценность в значительной мере определяются состоянием биоценозов. При гидробиологическом анализе качества воды могут быть использованы практически все группы организмов. Наиболее часто в озерах и водохранилищах в качестве биоиндикаторов используют зоопланктон, особенно в тех местах, где проводится водозабор для водоснабжения населенных пунктов. Хорошим показателем степени загрязнения вод служит и зообентос [1,2].

Преимущества применения биоиндикаторов при анализе качества вод заключаются в том, что гидробионты или их группировки реагируют не на отдельный фактор, а на общую экологическую ситуацию. Их реакция может быть как непосредственным, так и отдаленным последствием прямого и накопленного воздействия токсических или органических загрязнений [3, 4].

Около 10 лет база на оз. Кучак является местом полевых практик и научных исследований студентов Тюменского госуниверситета, а также местом отдыха преподавателей и студентов. Кроме того, за последние несколько лет возросло число дачных участков на берегу водоема. В связи с этим актуальной является оценка санитарно-гидробиологического состояния озера Кучак, что и определило цель нашей работы. Загрязнения, поступающие в озеро, имеют преимущественно органическую природу. Поэтому целесообразна оценка качества воды с позиций сапробности по индикаторным организмам. Исследования проводили по зоопланктону и макрозообентосу разными методами, что является необходимым условием для более надежной оценки санитарного состояния водоема [5].

О степени загрязнения озера и его различных участков судили на основании:

- 1) видового состава зоопланктона и макрозообентоса,
- 2) системы Гуднайта-Уитлея и системы Вудивисса [2] по макрозообентосу,
- 3) векторного метода Головина и метода Пантле-Букка [2] по зоопланктону.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Озеро Кучак расположено в Нижне-Тавдинском районе в 40 км от г. Тюмени и принадлежит Кучаковской системе озер, в которую также входят озера Тангач, Муксукуль и Ипкуль (рис. 1). Площадь озера составляет 344 га. Максимальная глубина — 8 м, средняя глубина — 4 м. Форма дна озера чашеобразная, с постоянным увеличением глубины к середине, лишь к северо-восточной части озера вблизи берега возвышается подводный остров.

Берега озера Кучак низкие, заболоченные, заросли камышом и тростником. Западная открытая часть водоема покрыта зарослями кубышки.

Сбор материала проводили в 2001-2002 гг. В вегетационный сезон (июнь-сентябрь) пробы отбирали 2 раза в месяц, в подледный период (январь-март) — 1 раз в месяц. Для количественного учета зообентоса применяли дночерпатель Петерсона с площадью облова 0,025 м<sup>2</sup>. Для отбора проб зоопланктона использовали количественную сеть Джели с диаметром входного отверстия 12 см (мельничный газ № 68). Фиксацию и обработку материала проводили по общепринятым методикам [2,5,6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За период исследований в озере Кучак было обнаружено 28 видов зоопланктона, относящихся к трем основным систематическим группам: ветвистоусые рачки (Cladocera) — 12 видов, веслоногие ракообразные (Copepoda) — 9, коловратки (Rotifera) — 8 видов (табл. 1.).

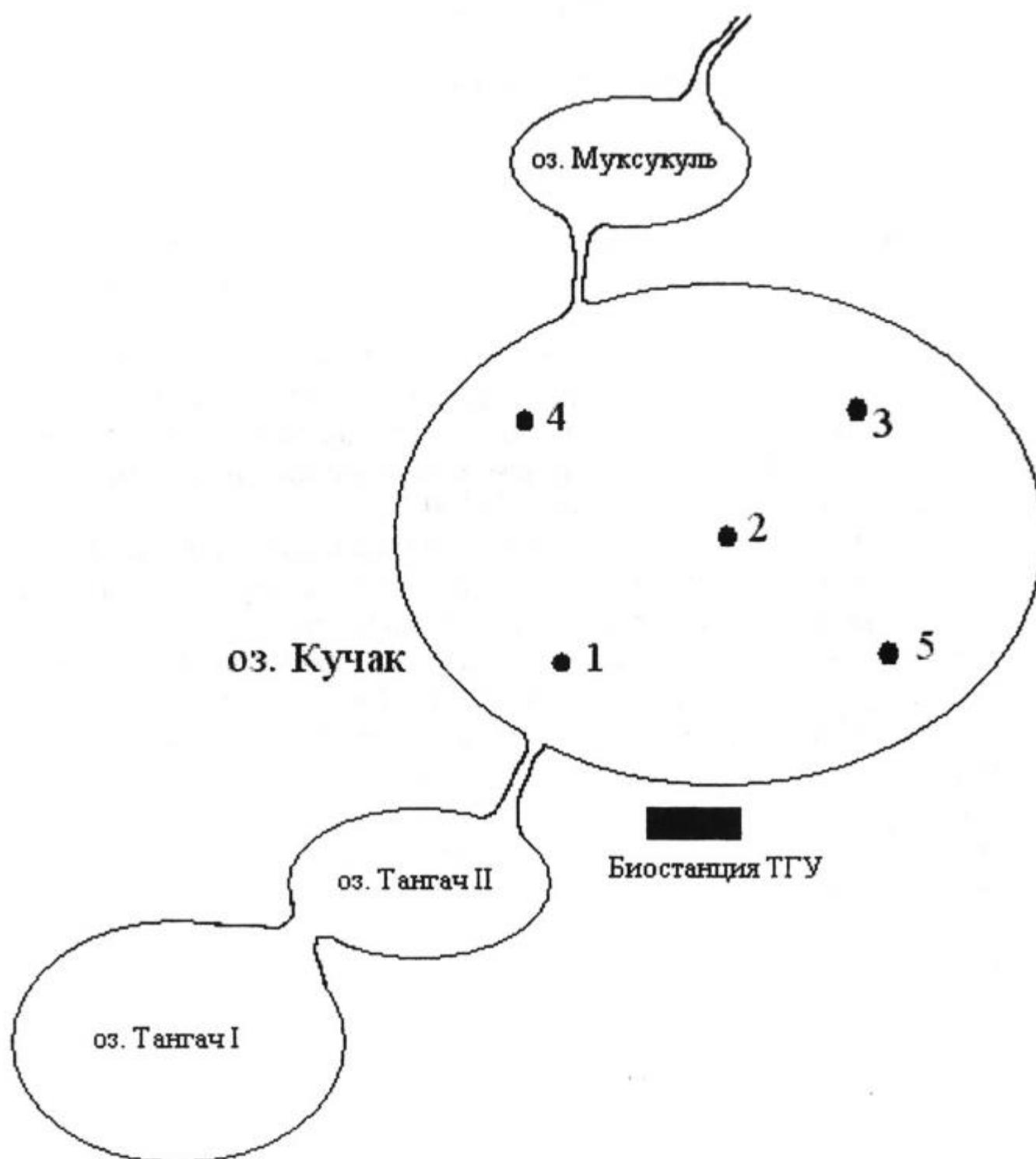


Рис. 1. Схематическая карта озер: Кучак, Тангач, Муксукуль  
 • — станции отбора проб

В вегетационный и подледный периоды видовой состав сообщества планктонтов резко отличался. Зимой было зафиксировано всего 7 видов.

С целью выявления структурообразующего комплекса зоопланктона, виды были ранжированы по индексу значимости [7]. В подледный период ценологический комплекс был представлен 2 видами: *Eudiaptomus graciloides* с показателем значимости 3,98 и *Cyclops vicinus*, с соответствующим показателем -1,63. Доля их в зоопланктонном сообществе достигала 84% (Рис. 2.). В летний сезон структурообразующий комплекс был представлен в основном семью видами, доля которых от общей биомассы зоопланктона составляла 74% (Рис. 3.). В том и другом ценологическом комплексе однозначно доминировал *E. graciloides* — типичный олигосапроб.

В вегетационный сезон в зоопланктоне озера встречены индикаторы почти всех зон сапробности. Из общего числа таксонов 28% составляли типичные олигосапробы; 32% составляли формы, развивающиеся в переходной олиго- $\beta$ -мезосапробной зоне; 24% - типичные  $\beta$ -мезосапробы; 12% - виды, развивающиеся в переходной  $\beta$ - $\alpha$ -мезосапробной зоне; 4% - характерные представители полисапробной зоны загрязнения. В подледный период наблюдались иные соотношения. Так, доля видов-индикаторов олигосапробной зоны достигала 60%;  $\alpha$ - $\beta$  - мезосапробной - 15%;  $\beta$ -мезосапробной - 9% и полисапробной зоны загрязнения - 16%.

Таблица 1

## Динамика видового состава зоопланктона оз. Кучак

Таксоны	Подлёдный период	Вегетационный период
<i>Rotifera</i>		
1. <i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	-	+
2. <i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas	-	+
3. <i>Keratella cochlearis</i> Gosse	+	+
4. <i>K. quadrata</i> Muller	-	+
5. <i>Kellicottia longispina</i> Kellicott	-	+
6. <i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson	-	+
7. <i>Synchaeta grandis</i> Pallas	-	+
8. <i>Trichocerca capucina</i> (Wier)	-	+
<i>Cladocera</i>		
1. <i>Bosmina longirostris</i> (Muller)	+	+
2. <i>B. longispina</i> (Uljanin)	-	+
3. <i>Daphnia cucullata</i> Sars	-	+
4. <i>D. cristata</i> Sars	-	+
5. <i>D. longispina</i> (Muller)	+	+
6. <i>Chydorus sphaericus</i> (Muller)	+	+
7. <i>Leptodora kindtii</i> (Focke)	-	+
8. <i>Leudigia acantocercoides</i> Sars	+	-
9. <i>Diaphanosoma brachyurum</i> Lievis	-	+
10. <i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (Muller)	-	+
11. <i>Sida cristallina</i> (Muller)	-	+
<i>Copepoda</i>		
1. <i>Cyclops vicinus</i> Uljanin	+	+
2. <i>C. strenuus</i> Gosse	-	+
3. <i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)	-	+
4. <i>Termocyclops crassus</i> (Fisher)	-	+
5. <i>Macrocyclops salbidus</i> (Jurine)	-	+
6. <i>Eucyclops macrurus</i> (Sars)	-	+
7. <i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lill.)	+	+
8. <i>Acanthocyclops viridis</i> (Claus)	-	+
9. <i>Harpacticoida</i>	-	+

Обозначение: «+» — обнаружены в пробах

«-» — отсутствуют в пробах

Для оценки степени загрязнения озерной воды органическим веществом по зоопланктону был использован метод Головина, в основу которого положен принцип суммирования векторов, каждый из которых показывает численность организмов-индикаторов соответствующей зоны сапробности. Угол полученного результирующего вектора означает сапробное значение биоценоза. Согласно методике, границы олигосапробной зоны (1-2) находятся от 180° до 135°, границы β-мезосапробной зоны (2-3) от 135° до 90°, границы α-мезосапробной зоны (3-4) от 90° до 45° и границы полисапробной зоны (4-5) от 90° до 0°.

Были составлены диаграммы по месяцам для подледного и вегетационного сезонов (рис. 5, 6). В период открытой воды (июнь, июль, сентябрь) суммирующий вектор в разные месяцы имел разные значения. Так в июне угол вектора составлял 130°, а в июле уменьшался до 120°, что связано с интенсивным развитием сине-зеленых водорослей в озере. В сентябре данный показатель увеличивался до 128°.

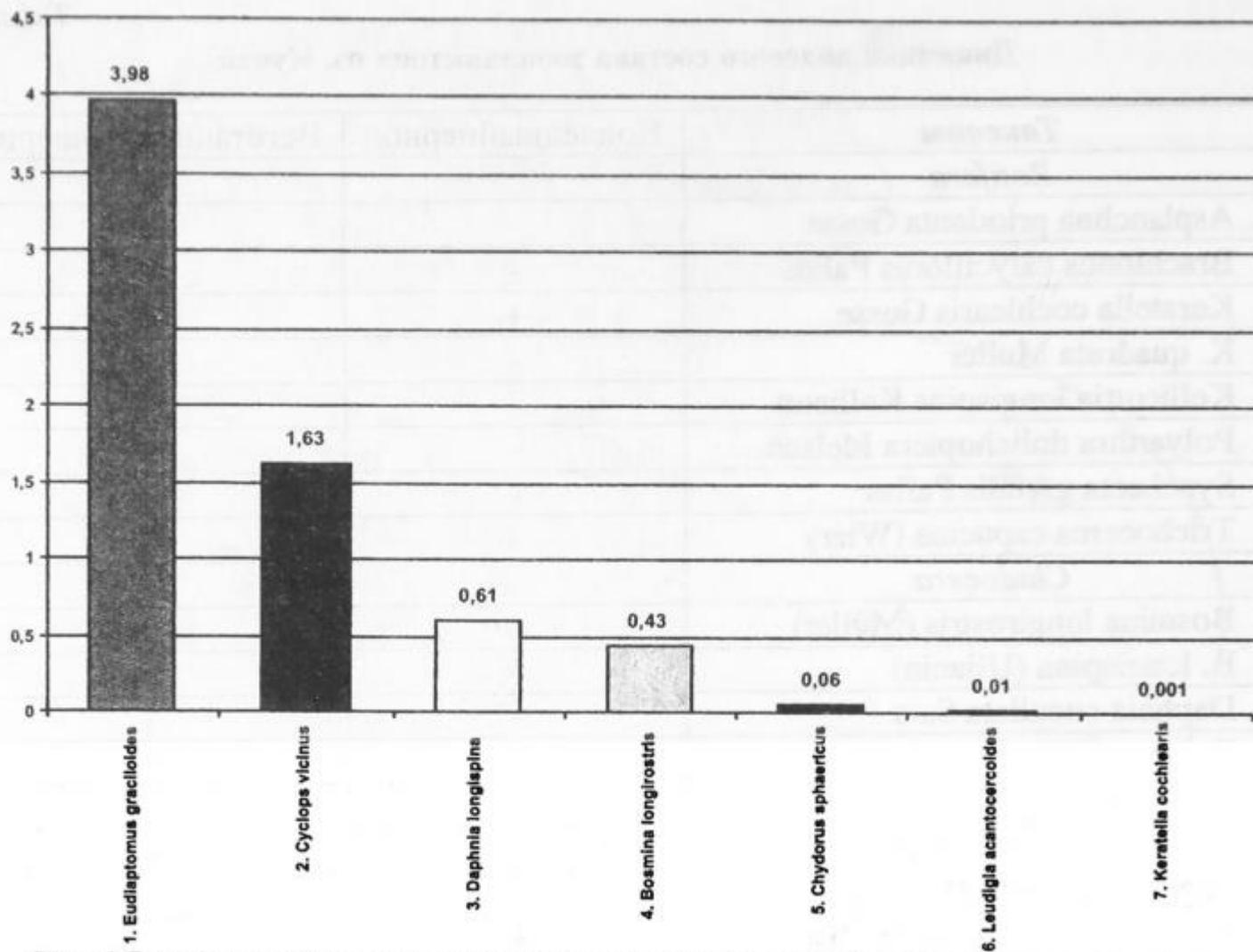


Рис. 2. Ранговое распределение видов зоопланктона по показателю значимости в подледный период

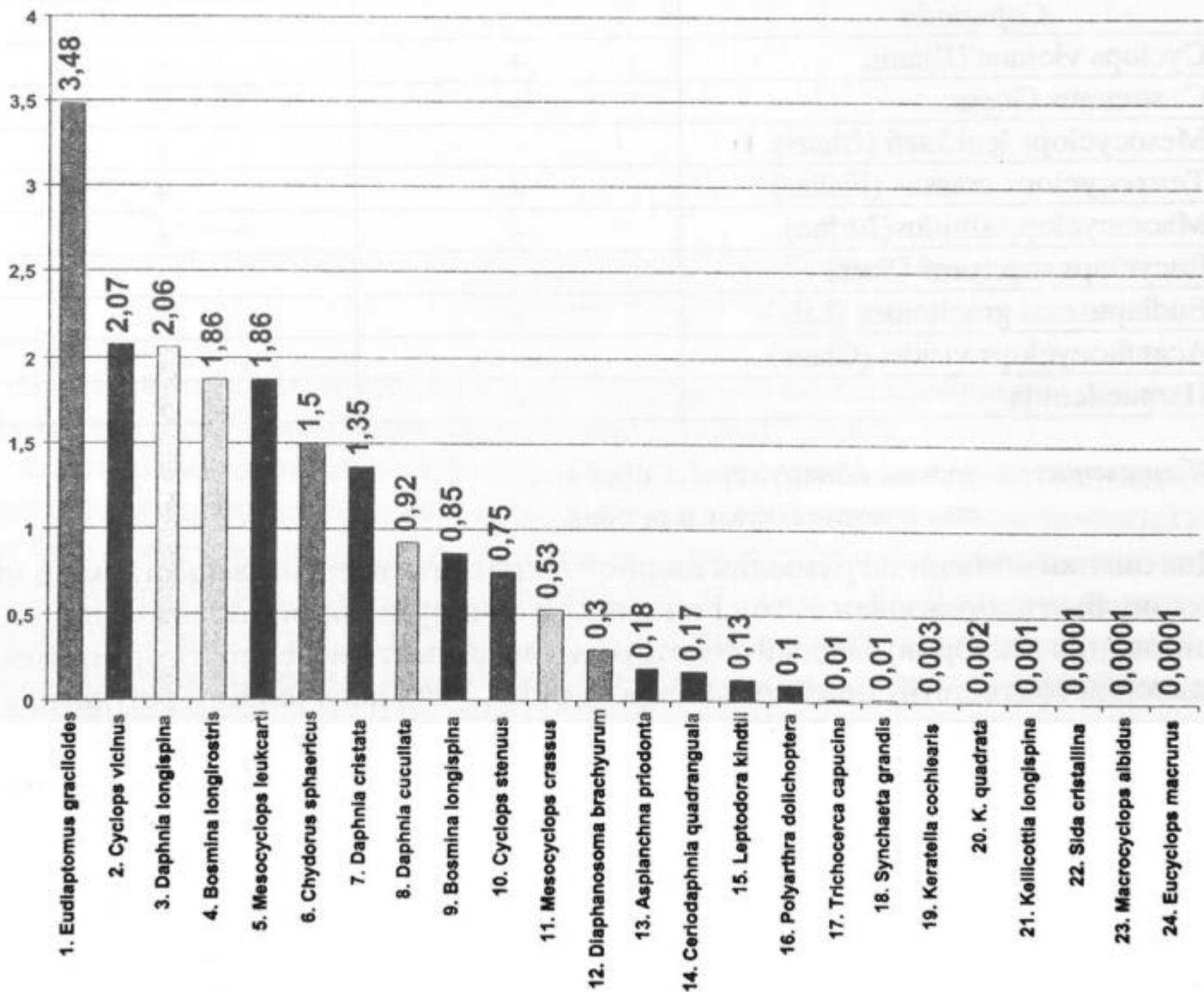


Рис. 3. Ранговое распределение видов зоопланктона по показателю значимости в вегетационный период

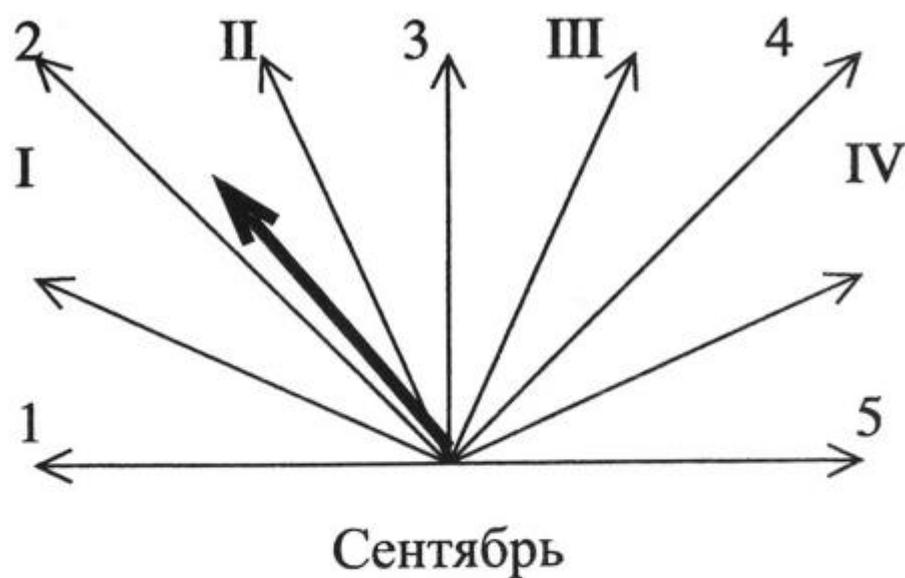
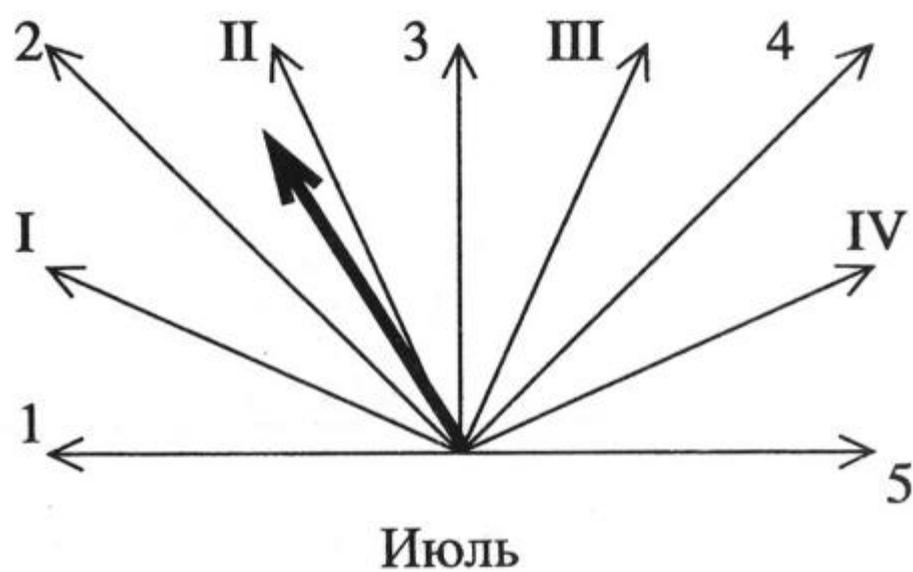
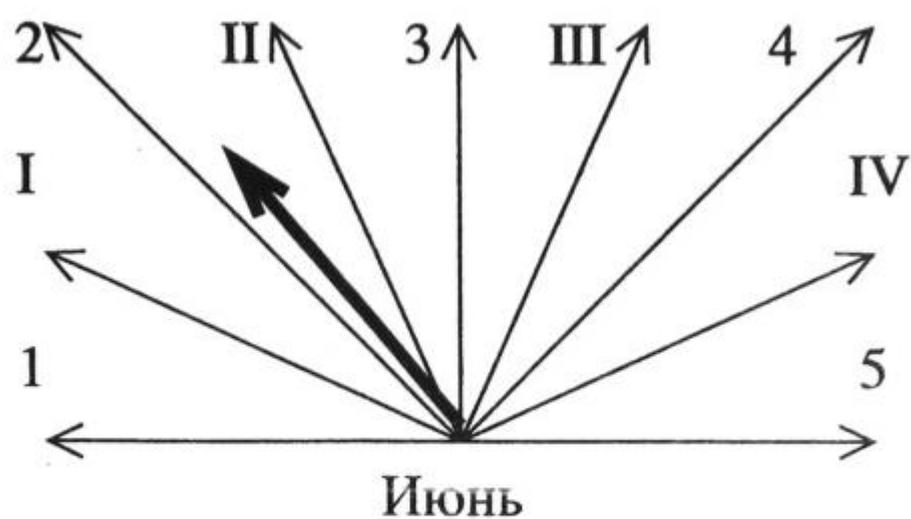


Рис. 5. Определение сапробности оз. Кучак методом Головина в вегетационный период 2001 г.

Обозначения: I — ось олигосапробов,  
 II — ось  $\beta$  — мезосапробов,  
 III — ось  $\alpha$  — мезосапробов,  
 IV — ось полисапробов,  
 1,2,3,4,5 — границы зон.  
 ← результирующий вектор.

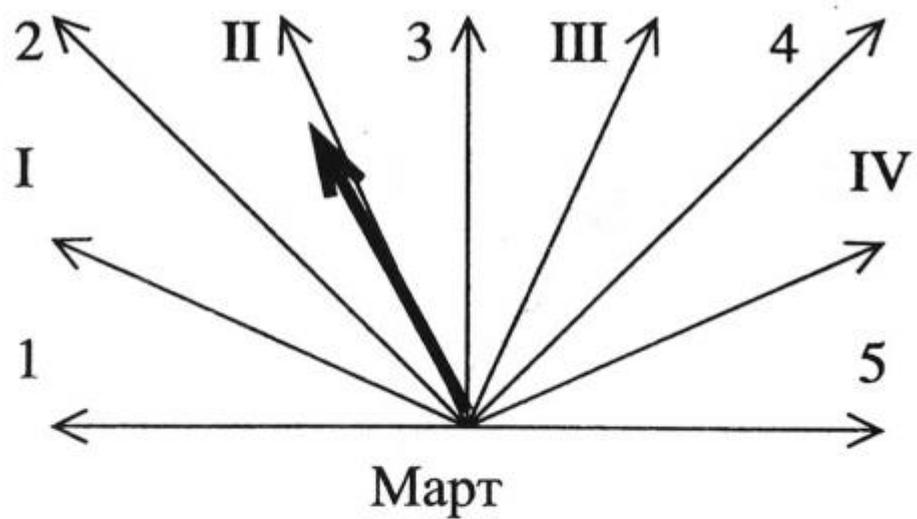
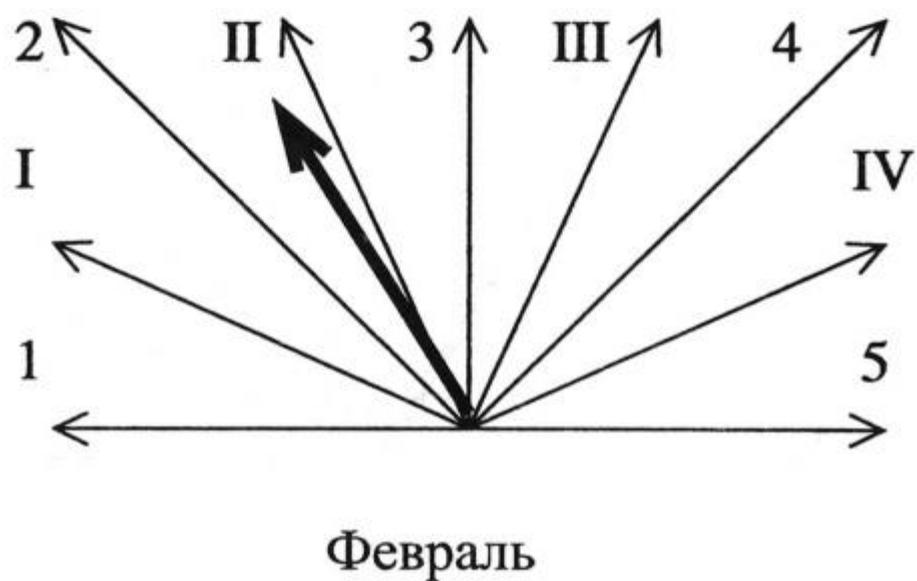


Рис. 6. Определение сапробности оз. Кучак методом Головина в подледный период 2002 г.

Обозначения: I — ось олигосапробов,  
 II — ось  $\beta$  — мезосапробов,  
 III — ось  $\alpha$  — мезосапробов,  
 IV — ось полисапробов,  
 1,2,3,4,5 — границы зон.  
 ← результирующий вектор

В подледный период с января по март угол результирующего вектора изменялся от  $125^\circ$  до  $114^\circ$ , что указывает на повышение уровня загрязнения воды органическими веществами. Наиболее высокие показатели органики отмечены в марте. Такое изменение соотношения продукционно-деструкционных процессов связано со снижением скорости процессов минерализации из-за уменьшения концентрации кислорода в зимнее время [8].

Таким образом, оценивая сапробное загрязнение воды методом Головина, можно отметить, что суммирующий вектор на диаграммах как в подледный, так и в вегетационный период находился в  $\beta$ -мезосапробной зоне ближе к нижней границе олигосапробной зоны.

В сравнительном аспекте с этой же целью был рассчитан индекс сапробности, разработанный Пантле-Букком. Этот метод является одним из наиболее удобных при анализе зоопланктонного сообщества в различных районах водоема [2, 3]. Индикаторный вес планктонтов учитывали согласно списку сапробных организмов [9].

Индекс сапробности биоценоза в среднем за вегетационный сезон составил 1,82, а в подледный период 2,0. Более высокое значение индекса в зимнее время указывает на то, что подо льдом идет накопление органики из-за снижения процессов минерализации.

Необходимо отметить, что индекс сапробности на разных точках отбора значительно варьировал. Наиболее высокие значения показателя (1,98 и 1,93) наблюдались соответственно на станциях № 1 и № 5. Первая станция расположена у протоки, соединяющей оз. Кучак с оз. Тангач, вода которого с высоким содержанием органики. Пятая станция расположена напротив дачных участков, что указывает на наличие некоторого антропогенного загрязнения.

Таким образом, полученные данные по системе Пантле-Букка позволяют отнести оз. Кучак к  $\beta$ -мезосапробной зоне загрязнения. Согласно методике, границы указанной зоны находятся в пределах от 1,51 до 2,50. По шкале оценки качества воды, коррелирующей с индексом сапробности [2], воду озера можно отнести к умеренно загрязненной.

Для более объективной оценки качества воды в озере помимо планктонных были использованы донные сообщества. В летнее время (июнь, июль) макрозообентос был представлен пятью таксономическими группами: личинками комаров из семейства Chironomidae и Chaoboridae, малощетинковыми червями (Oligochaeta), моллюсками (Mollusca) и пиявками (Hirudinea). Распределение донных сообществ в бентали озера неоднородно, что определяется в первую очередь термическим, газовым, минеральными режимами и характером грунтов [10].

Для выявления уровня загрязнения озера был использован метод биологической индикации Гуднайта-Уитлея по крупным таксонам, в основу которого положено процентное содержание олигохет от общего числа всех донных организмов. В зависимости от их содержания различают три состояния водотоков: хорошее — до 60% олигохет, сомнительное — 60-80% и тяжелое — более 80%.

В результате расчетов установлено, что доля малощетинковых червей на разных станциях варьировала от 24% до 79%. Наиболее высокие средние показатели (73% и 65%) были отмечены соответственно на станциях № 1 и № 5. Среднее содержание олигохет в бентосных сообществах по водоему не превышало 50%, что по данной методике характеризует состояние водоема как «хорошее».

Для того чтобы сравнить полученные данные с предыдущими методами и конкретизировать сапробное состояние водоема, использовали дополнительную классификацию вод по Гуднайту и Уитлею, разработанную Кафтанниковой и Мартыновой [10]: олигосапробная зона — олигохет до 30%,  $\beta$ -мезосапробная — 30-60%,  $\beta$ - $\alpha$ -мезосапробная 70-80%, полисапробная — свыше 80%. Таким образом, оценивая озеро Кучак по вышеуказанному принципу, можно отнести его к  $\beta$ -мезосапробной зоне.

Кроме указанного способа, оценку степени загрязнения воды по зообентосу проводили на основании системы Вудивисса, сочетающей данные о количестве бентосных организмов с их видовым разнообразием. Биотические индексы, рассчитанные в летние месяцы (июнь-июль), на разных станциях значительно отличались. Так, на станциях № 1 и № 5 значения индексов составляли 3-4, на остальных точках отбора проб-5-6. Таким образом, по Вудивиссу исследуемый водоем можно отнести к двум классам: к  $\beta$ - $\alpha$ -мезосапробной зоне (биотический индекс 3-5) с водой низкого качества и к  $\beta$ -мезосапробной зоне (биотический индекс 6-7) с водой сравнительно хорошего качества.

Некоторое несовпадение диапазона показателей Гуднайта-Уитлея и Вудивисса, возможно, связано с недоучетом численности насекомых, используемых в системе качества индикаторных организмов. С начала июня до середины июля численность зообентоса сократилась с 1200 экз/м<sup>2</sup> до 260 экз/м<sup>2</sup>. Такой спад количественных показателей в июле обычен для озер и объясняется массовым вылетом большинства видов хирономид и других насекомых [11]. Поэтому, возможно, биотические индексы Вудивисса несколько занижены.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании изложенного выше можно сделать заключение, что оценки санитарного состояния водоема разными способами биоиндикации по зоопланктону и макрозообентосу в целом совпадают и позволяют отнести озеро Кучак к  $\beta$ -мезосапробной зоне с умеренно загрязненной водой. К менее благоприятным в сапробиологическом отношении относятся участки, расположенные напротив дачных поселений и у протоки, соединяющей оз. Тангач и оз. Кучак.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Федоров В. Д. Загрязнение водных экосистем (принципы изучения и оценка действия) // Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод. М.: Наука, 1980. С. 16-21.
2. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. С. 21-78.
3. Жукинский В. Н., Оксюк О. П., Олейник Г. В., Кошелева С. И. Критерии комплексной оценки качества поверхностных пресных вод // Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод. М.: Наука, 1980. С. 57-64.
4. Реакция экосистем на хозяйственное преобразование их водосборов. Л.: Наука, 1983. С. 44-95.
5. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресных водоемах // Зообентос и его продукция. Л., 1983. 52 с.
6. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресных водоемах // Зоопланктон и его продукция. Л., 1983. 52 с.
7. Андроникова И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука, 1996. С. 30-38.
8. Гуренович Т. Г., Терешкова Т. В. Соотношение продукционно-деструкционных процессов в мезотрофном стратифицированном озере // Сб. научн. тр. ГосНИОРХ. Л., 1986. Вып. 205. С. 86-95.
9. Унифицированные методы исследования качества вод. М., 1977. Ч. 3. Прил. 2. С. 165-207.
10. Кафтанникова О. Г., Мартынова Е. Г. Зообентос как индикатор санитарного состояния реки // Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод. М.: Наука, 1980. С. 64-71.
11. Салазкин А. А. Зообентос опытных озер Сяберской группы и его продукция // Сб. научн. тр. ГосНИОРХ. Л., 1989. Вып. 245. С. 57-65.