

УДК 582.2

Е.Ю. МИТРОФАНОВА

Ин-т водных и экологических проблем СО РАН.

656038 Барнаул, ул. Молодежная, 1, Россия

email: emit@iwep.asu.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФИТОПЛАНКТОНА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ТОМЬ (РОССИЯ) ВО ВРЕМЯ ПОЛОВОДЬЯ

Приведены результаты исследований состава, структуры и обилия фитопланктона р. Томь от г. Новокузнецка до пос. Крапивино в период половодья 23-30 мая 2005 г. Установлено, что при повышенной турбулентности и мутности речных вод фитопланктон реки сохраняет структуру, количественные характеристики и, как следствие, высокий потенциал биологического самоочищения, несмотря на значительную антропогенную нагрузку на некоторых участках реки.

Ключевые слова: река Томь, фитопланктон, состав и структура, обилие, индикаторы.

Введение

Река Томь – правый приток Оби, длиной 827 км, площадью бассейна 62 тыс. км² – берет начало с западного склона Абаканского хребта, в верхнем течении типично горная, ниже протекает по Кузнецкой котловине и Западно-Сибирской равнине. Средний расход воды 1110 м³/с (Географический ..., 1986). Река имеет многовершинное половодье, на апрель-май приходится около 70 % годового стока. По классификации Л.М. Корытного (2001), р. Томь соответствует категории «большая». Воды реки гидрокарбонатно-кальциевые, пресные с минерализацией 112-180 мг/л, преимущественно слабощелочные. По содержанию макро- и микрокомпонентов, органических и биогенных веществ состояние речных вод на всем протяжении реки от г. Междуреченска до г. Томска оценивается как «загрязненное», а в районе крупных городов – как «грязное» (Шварцев, Савичев, 2002).

Изучение фитопланктона р. Томь было начато в первой половине XX в. (Науменко, 1993), в его составе даже в нижнем течении реки преобладали олигосапробные формы (Якубова, 1951). Отмечено общее увеличение обилия летнего фитопланктона (Голубых, 1996) и изменения в составе комплекса доминантов, свидетельствующие об интенсивном эвтрофировании реки (Новикова, 1991).

Цель настоящей работы – изучение фитопланктона реки Томь на участке от г. Новокузнецка до пос. Крапивино, испытывающем значительную антропогенную нагрузку в период половодья.

Материалы и методы

Пробы фитопланктона отбирали вдоль р. Томь на 18 створах (12 на реке и 6 на ее притоках) от г. Новокузнецка с 23 по 30 мая 2005 г. в период половодья (рис. 1). В притоках пробы отбирали в 50-100 м выше устья на

© Е. Ю. Митрофанова, 2007

середине реки (створ № 3). Точки отбора проб находились на берегу реки в 50-200 м от устья. По каждому створу (правый, левый берег и середина) пробы смешивали и интегральный вариант пропускали через мембранные фильтры (размер пор 0,8-1,2 мкм). Пробы обрабатывали по общепринятым гидробиологическим методикам (Руководство ..., 1983). Частоту доминирования видов по численности и биомассе выражали в процентах от общего числа проб (Кожова, 1970). Для оценки степени сходства состава водорослей по различным створам реки определяли «парные меры включения» (Андреев, 1980). При оценке качества воды реки использовали индекс сапробности Пантле и Букка в модификации Сладечека (Унифицированные ..., 1977, 1983), рассчитанного по численности. Для оценки разнообразия фитопланктона использовали индекс разнообразия Шеннона по численности и биомассе (Кузьмин, 1975; Одум, 1975).

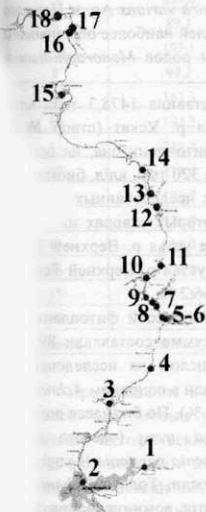


Рис. 1. Карта-схема р. Томь с точками отбора проб фитопланктона в мае 2005 г.:

1 – выше г. Новокузнецка (Драгунский водозабор); 2 – у г. Новокузнецк, а выше речного вокзала; 3 – левый приток – р. Ускат; 4 – у с. Ерунаково; 5 – у с. Осинное плесо (выше р. Верхней Терси); 6 – правый приток – р. Верхняя Терса; 7 – ниже устья р. Верхней Терси; 8 – правый приток – р. Средняя Терса; 9 – ниже устья р. Средней Терси; 10 – левый приток – р. Черновой Нарык; 11 – ниже с. Усть-Нарык; 12 – у с. Ячменюха; 13 – правый приток – р. Нижняя Терса; 14 – ниже устья р. Нижней Терси; 15 – у с. Салтымаково; 16 – выше р. Таядон; 17 – правый приток – р. Таядон; 18 – пос. Зеленогорск, у плотины.

Результаты и обсуждение

Потамофитопланктон в водотоках разной величины формируется из трех основных компонентов – бентосных водорослей и обитателей обрастаний, водорослей планктона озер водосборного бассейна и собственно речного планктона (Охапкин, 2000). Причем автохтонные, сформировавшиеся в водотоках популяции потамофитопланктона, являются самостоятельной функциональной единицей водных экосистем.

В весеннем фитопланктоне р. Томь в 2005 г. выявлено 156 видов (165 видов и разновидностей) водорослей с преобладанием диатомовых и зеленых (*Cyanobacteria* – 11, *Chrysophyta* – 10, *Bacillariophyta* – 69, *Cryptophyta* – 5,

Dinophyta – 1, *Euglenophyta* – 7, *Chlorophyta* – 52 и *Xanthophyta* – 1), которые составляли 78 % таксономического состава фитопланктона реки. Наиболее распространенным был *Stephanodiscus hantzschii* Grun., как и его форма с длинными шипами – *S. hantzschii* f. *tenuis* (Hust.) Hakanss. et Stoerm. Отмечена и мелкая (диам. 6 мкм) диатомея *Cyclotella* sp. (не идентифицируемая в световом микроскопе). К распространенным видам можно отнести *Fragilaria crotonensis* Kitt. из диатомовых и *Chrysococcus rufescens* Klebs из золотистых водорослей. В некоторых точках встречен мелкоклеточный вид – *Chrysococcus biporus* Skuja. Кроме весьма распространенного *Kephyrion spirale* (Lack.) Cong. отмечен *K. rubriclaustrii* Cong. В последние годы наблюдается его массовое развитие в р. Иртыш (Баженова, 2005). В Средней Оби наибольшей численности этот вид достигал в апреле подо льдом, и кроме того, встречался в июне и сентябре (Науменко, 1992). Представитель криптофитовых *Chroomonas acuta* Uterm. отмечен почти на всех обследованных участках, также как и диатомовые *Melosira varians* Ag. и *Hannaea arcus* (Ehr.) Patr. с разновидностями. Из зеленых водорослей наиболее обычными и часто встречаемыми в фитопланктоне реки были виды родов *Monoraphidium* и *Chlamydomonas*.

Максимальная численность фитопланктона составила 1478,3 тыс. кл/л, биомасса – 2358,0 мг/м³. Только участок выше устья р. Ускак (створ № 3) выделялся высокими количественными показателями фитопланктона, на остальных участках численность фитопланктона не превышала 320 тыс. кл/л, биомасса – 400 мг/м³ (см. таблицу). Диатомовые водоросли на всех исследованных участках реки преобладали по численности и биомассе, на некоторых створах их доля в биомассе была особенно значительная. Например, ниже устья р. Верхней Терси (створ № 7) диатомеи составляли до 96,2 %. В районе устья р. Верхней Терси и выше этот показатель составлял, соответственно, 58,9 и 66,2 %.

На участке с максимальной численностью и биомассой фитопланктона (створ № 3) преобладал *S. hantzschii*, диатомовые в сумме составляли 89,4 % численности и 93,0 % биомассы фитопланктона. В целом на исследованном участке реки в фитопланктоне по численности преобладали в основном *Achnanthes* sp. (частота доминирования 38,9 %) и *F. crotonensis* (22,2 %). По биомассе доминировали крупные представители диатомовых: *Hannaea arcus* (частота доминирования 27,8 %), *Melosira varians* (22,2 %), *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Schmidt (11,0 %), а также эвгленовые и зеленые водоросли. Только *S. hantzschii* доминировала и по численности, и по биомассе (частота доминирования 5,6 и 11,0 %, доля в общей численности до 33,1 %, в биомассе – до 28,2 %).

По разнообразию весеннего фитопланктона р. Томь не уступает и даже превосходит некоторые реки умеренной зоны. Так, в р. Серет (левый приток Днестра) в весеннем фитопланктоне выявлено 67 видов (Щербак, Бондаренко, 2005), в нижнем течении р. Ангары – 50 (Щур, Лопатин, 2005), в р. Оби в районе г. Барнаула (середина апреля – начало мая 1998 г.) – 85 видов водорослей (Митрофанова, 1999). Количественные показатели также согласуются с данными, полученными для подобных рек. Так, в Среднем Иртыше (район г. Омска) в мае 2001 г. численность фитопланктона не превышала 980 тыс. кл/л, биомасса – 1440 мг/м³ (Баженова, 2005), в р. Оби в районе г. Барнаула – 167,5 тыс. кл/л, и 407,8 мг/м³ соответственно (Митрофанова, 1999). Вероятно, р. Обь с более

высокими расходами воды менее способствует развитию водорослей в толще воды в период половодья.

Таблица. Количественные показатели фитопланктона р. Томь в мае 2005 г.

Номер створа	Численность, тыс. кл/л	Биомасса, мг/м ³	Индекс сапробности	Индекс Шеннона	
				по численности	по биомассе
1	166,2	201,1	1,39	3,16	2,87
2	185,9	219,3	1,61	3,18	2,93
3	1478,3	2358,0	2,31	3,57	2,92
4	192,1	242,7	1,66	3,67	3,44
5	234,0	276,6	1,74	3,48	3,20
6	89,1	71,3	1,33	2,80	2,55
7	191,1	212,5	1,09	3,14	3,34
8	99,2	107,6	1,56	2,98	2,94
9	167,3	152,2	1,68	3,32	3,58
10	197,2	76,7	1,88	2,43	2,87
11	232,2	215,5	1,76	3,33	3,39
12	273,0	341,4	1,70	3,24	3,03
13	123,7	81,1	1,48	2,90	2,70
14	176,8	199,2	1,70	3,08	2,82
15	318,9	399,2	1,70	3,29	3,07
16	274,8	359,7	1,74	2,92	2,92
17	201,3	208,7	1,60	2,92	2,51
18	263,8	201,6	1,67	3,34	3,76
Среднее	270,3 ± 4,4	329,1 ± 7,3	1,64 ± 0,06	3,15 ± 0,05	3,05 ± 0,05

Преобладание в составе и доминирование по численности (и часто по биомассе) диатомовых водорослей считается одной из особенностей речного планктона. Центрические диатомовые вместе с хлорококковыми водорослями, являясь г-стратегами и хорошо перенося условия повышенной турбулентности и пониженного освещения, преобладают в фитопланктоне рек Европы (Muylaert et al., 1997). Так, в р. Обь в целом на их долю приходится 39,9 % общего состава водорослей планктона (Науменко, 1996), в Среднем Иртыше – 53,0 % (Баженова, 2005). Во время половодья доля диатомовых в общем составе фитопланктона рек может увеличиваться ввиду их сноса с водосборного бассейна с поверхностным стоком. В весеннем фитопланктоне р. Томь в 2005 г. *Bacillariophyta* также преобладали по числу видов – 44,0 %, в р. Обь у г. Барнаула в период паводка – 65,9 % (Митрофанова, 1999).

Анализируя литературные данные, можно отметить, что в реке идет заметный процесс эвтрофикации. Если ранее в фитопланктоне преобладали в основном олигосапробные формы водорослей (Якубова, 1951), то в настоящее время, в т. ч. в ранневесеннем планктоне – в основном представители более высокого уровня трофии. Смена преобладающих в ценозах водорослей (*Asterionella* → *Fragilaria* → *Synedra* → *Melosira varians* → *Stephanodiscus*

hantzschii) является следствием интенсивного эвтрофирования рек (Охапкин, 2000). Эту сукцессию фитопланктона наблюдали в р. Томь уже в 90-х годах (Голубых, 1996). Преобладающий в настоящее время в фитопланктоне реки *S. hantzschii* служит индикатором такого процесса в водотоке.

Сравнение таксономического состава фитопланктона разных створов между собой показало его значительное сходство вдоль по течению (рис. 2).

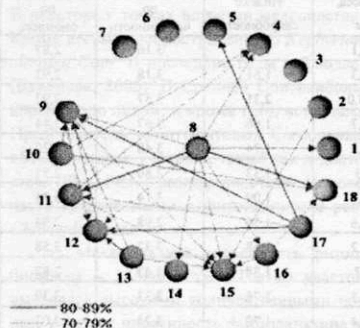


Рис. 2. Ориентированный мультиграф бинарных отношений на множестве описаний видового состава водорослей планктона р. Томь в мае 2005 г. (номера створов приведены на рис. 1).

Несколько обособлен фитопланктон верхних семи створов. Вероятно, сказывается влияние г. Новокузнецка. Урбанизация, возможно, является одним из самых значительных факторов воздействия на речные системы (Кагг, 2000). Наиболее банальным является состав фитопланктона в районе устья р. Средняя Терсь (створ № 8), водоросли которого больше других отмечены в составе фитопланктона других створов. Напротив, наибольшей оригинальностью обладает фитопланктон в районе устья рек Ускаат (створ № 3), Верхняя Терсь (№ 6), ниже устья Верхней Терси (№ 7). Фитопланктон реки ниже устья Средней Терси (створ № 9), у сел Ячмениха (№ 12) и Салтымаково (№ 15) в наибольшей степени отражает состав фитопланктона реки в целом.

О сформированности фитопланктона реки может свидетельствовать его разнообразие, которое отражает индекс видового разнообразия Шеннона по численности и биомассе. За период исследования на участке р. Томь его значения были не ниже 2,43 и 2,51 (по численности и биомассе соответственно), иногда достигая 3,67 и 3,76 (см. таблицу). Величина индекса до 2,5 характеризует молодые сообщества, находящиеся в состоянии импульсной стабильности. Значения индекса выше 3 присущи сообществам климаксного типа (Зимбалевская, Бескаравайная, 1999).

Состояние воды р. Томь по гидрохимическим показателям оценивается как неудовлетворительное, в т. ч. по содержанию органических веществ, железа, а также микробиологическим показателям. Воды р. Томи загрязнены практически на всем ее протяжении. Концентрации биогенных элементов в речных водах в летний период могут достигать 14,4 мг/л (нитраты), 4,9 (ионы аммония), 0,2 (нитриты), 0,2 (фосфаты), 0,5 (железо) и 4,0 мг/л (кремний) (Шварцев, Савичев, 1995). В мае 2005 г. эти показатели были ниже (Гладких и др., 2006). В период зимней межени

наблюдали более высокую минерализацию воды и повышенное содержание ряда веществ в связи с низкими расходами воды (Савичев и др., 2002). Кроме того, в бассейне р. Томь, особенно в районе г. Новокузнецка, в снежном покрове и почве выявлен целый спектр органических токсикантов канцерогенного действия (Темерев, 2006).

Индикаторов сапробиости по методу Пантле и Букка выявлено 15 видов или 9,1 % общего состава с преобладанием представителей β -мезосапробной зоны. По системе Т. Ватанабе (Баринава, Медведева, 1996) выявлено 56 видов-индикаторов, принадлежащих к трем группам, среди которых также наиболее многочисленными были индифферентно относящиеся к содержанию органики виды – эврисапробы. Качество воды по видам-индикаторам сапробиости на разных участках реки в мае 2005 г. колебалось в пределах, характерных для олиго- и бета мезосапробной зон самоочищения – I,09-2,31, II класс чистых вод (достаточно чистая) и III класс удовлетворительной чистоты (достаточно чистая) (Экологическая ..., 1990). По индексу сапробиости можно оценить последствия загрязнения промышленно-бытовыми и сельскохозяйственными стоками (Жукинский, Окснюк, 1984). В период половодья содержание нетоксичных легкоокисляемых органических веществ в воде реки должно быть ниже.

При сравнении биотических показателей с гидрохимическими наиболее показательными, как считают некоторые исследователи, являются нитраты, как основной показатель фотосинтетического потребления водорослями элементов из водной среды. При токсическом подавлении фотосинтеза нитраты остаются непотребленными, а водоросли замедляют свое развитие. М. Тавасси с соавт. (2005) для вычисления индекса состояния водной экосистемы (ИСЭ) предлагают использовать формулу: $WESI (ИСЭ) = Rang S / Rang NO_3$, где Rang S – ранг качества воды по индексам сапробиости Сладечека, Rang NO_3 – ранг качества воды по нитратному азоту. Если $ИСЭ \geq 1$, то нитраты полностью включены в трофическую пирамиду, если менее < 1 – предполагают токсическое, подавляющее воздействие на процесс фотосинтеза водорослей.

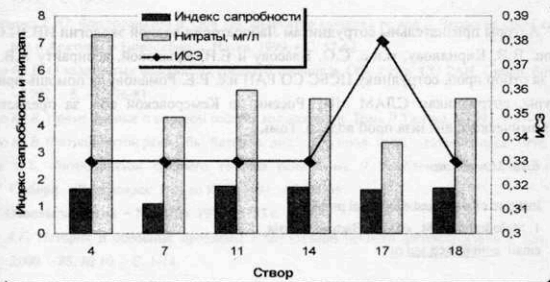


Рис. 3. Индекс сапробиости, содержание нитратов и индекс состояния водной экосистемы (ИСЭ) на некоторых станциях исследованного участка р. Томь в мае 2005 г.

В нашем случае ИСЭ, подсчитанный для створов вдоль по течению р. Томь в мае 2005 г., не превышал значения 0,4 (рис. 3), т.е. повышенное содержание нитратов в воде реки на всем протяжении исследованного участка угнетающе действует на водоросли планктона, в частности на их фотосинтетическую активность.

Заключение

В период половодья, ввиду повышенной турбулентности, в толще воды р. Томь присутствует большое количество терригенного материала, который может приводить к снижению развития потамофитопланктона. Несмотря на это, проведенные исследования в мае 2005 г. показали, что фитопланктона этой реки находится в жизнеспособном состоянии. Его состав (156 видов) и количество (на большинстве створов численность не превышала 320 тыс. кл/л, биомасса – 400 мг/м³) способны поддерживать качество воды реки в удовлетворительном состоянии (II-III класс чистоты вод). При биомассе планктона до 5 г/м³ водоросли способствуют биологическому самоочищению водоемов, в то время как более высокая биомасса приводит к «цветению» воды и значительному ухудшению ее качества (Одум, 1975; Жукинский и др., 1981). Как отмечали исследователи, главная проблема для данной реки состоит не столько в превышении ПДК по содержанию гидрохимических показателей, сколько по содержанию органических микропримесей и периодическом или эпизодическом присутствии в воде микроколичеств сильнотоксичных соединений (Гладких и др., 2006). Несмотря на это, динамика потамофитопланктона в первую очередь зависит от воздействия основных физических факторов среды, существенно изменяясь при этом во времени и пространстве (Wehr, Descy, 1998). Может быть, поэтому только применение интегральных индексов (таких как ИСЭ) позволяет более точно оценить состояние реки, в т.ч. ее первичных продуцентов – водорослей планктона.

Благодарности

Авторы признательны сотрудникам Лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН к.б.н. доц. В.В. Кириллову, м.н.с. С.О. Власову и Е.Н. Крыловой, аспиранту А.В. Котовшикову за отбор проб, сотруднику ЦСБС СО РАН н.с. Р.Е. Романову за помощь при поиске литературы, сотрудникам СЛАМ МПР России по Кемеровской обл. за предоставление данных химического анализа проб воды р. Томь.

E.Yu. Mitrofanova

Institute of water and ecological problems,
1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia,
email: emil@iwep.asu.ru

THE USE OF PHYTOPLANKTON CHARACTERISTICS FOR ESTIMATION OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE TOM' RIVER (RUSSIA) IN FLOOD-TIME

The composition, structure and abundance of phytoplankton in the Tom' river from the city of Novokuznetsk to settlement Krapivino were investigated in flood-time on May 23-30, 2005. It has been

established that under conditions of higher turbulence and muddiness of river waters phytoplankton preserves the structure, quantitative characteristics and, as a result, the high potential of biological self-purification, despite the considerable anthropogenic influence on certain river areas.

Keywords: Tom' River, phytoplankton, composition and structure, abundance, indicators.

- Андреев В.Л. Классификационные построения в экологии и систематике. – М.: Наука, 1980. – 142 с.
- Баженова О.П. Фитопланктон Верхнего и Среднего Иртыша в условиях зарегулированного стока. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. – 248 с.
- Барина С.С., Медведева Л.А. Атлас водорослей-индикаторов сапробиости (российский Дальний Восток). – Владивосток: Дальнаука, 1996. – 364 с.
- Географический энциклопедический словарь: Географические названия / Гл. ред. А.Ф. Трешников. – М.: Сов. энцикл., 1986. – 528 с.
- Гладких Э.А. и др. Оценка качества вод р. Томь на участке от г. Новокузнецка до пос. Крапивино по химическим показателям // Фундаментальные проблемы новых технологий в третьем тысячелетии. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2006. – С. 414-417.
- Голубых О.С. Фитопланктон реки Томь // Задачи и проблемы развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах Сибири. – Томск: Изд-во ТГУ, 1996. – С. 13-14.
- Жуковский В.Н., Оксик О.П. Экологическая классификация качества поверхностных вод суши по их составу и свойствам // Инфм. бюл. по вод. хоз-ву. – 1984. – 2, № 34. – С. 71-76.
- Жуковский В.Н., Оксик О.П., Олейник Г.Н., Кошелева С.И. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. – 1981. – 17, № 2. – С. 38-49.
- Зимбалевская Л.Н., Бескаравайная В.Д. Многолетние изменения фитопланктона Верхнего Днестра // Там же. – 1999. – 35, № 2. – С. 15-26.
- Кожова О.М. Формирование фитопланктона Братского водохранилища // Формирование природных условий и жизни Братского водохранилища. – М.: Наука, 1970. – С. 26-171.
- Корытинский Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании. – Иркутск: Ин-т географии СО РАН, 2001. – 163 с.
- Кузьмин Г.В. Фитопланктон // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. – С. 73-93.
- Митрофанова Е.Ю. Фитопланктон р. Оби как индикатор качества ее вод // Экология пойм сибирских рек и Арктики. – Новосибирск: Наука, 1999. – С. 57-62.
- Науменко Ю.В. О золотистых водорослях среднего течения р. Обь // Изв. СО РАН, Сибир. биол. журн. – 1992. – 5. – С. 76-81.
- Науменко Ю.В. Новые данные о видовом составе водорослей р. Томь // Там же. – 1993. – 5. – С. 67-73.
- Науменко Ю.В. Фитопланктон реки Обь. Автореф. дис... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 1996. – 33 с.
- Новикова А.Б. Фитопланктон среднего течения реки Томь // Проблемы социального прогресса Сибири. – Красноярск: Изд-во КГУ, 1991. – С. 34-35.
- Обум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 733 с.
- Охаткин А.Г. История и основные проблемы исследований речного фитопланктона // Бот. журн. – 2000. – 85, № 10. – С. 1-14.
- Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова. – Л.: Гидрометеоздат, 1983. – 239 с.
- Савичев О.Г. и др. Результаты геоэкологических исследований р. Томь в зимнюю межень // Эколого-биохимические исследования в бассейне Оби. – Томск: Изд-во РАСКО, 2002. – С. 99-116.

- Тавасси М., Барнинова С.С., Анисимова О.В., Нево Э., Вассер С.П. Водоросли-индикаторы природных условий в бассейне реки Яркон (Центральный Израиль) // Альгология. – 2005. – 15, № 1. – С. 51-77.
- Темерев С.В. Микроэлементы в поверхностных водах бассейна Оби: монография. – Барнаул: Изд-во АГУ, 2006. – 336 с.
- Унифицированные методы исследования качества вод: Ч. 3. Методы биологического анализа вод. Прилож. 2: Атлас сапробных организмов. – М.: Изд-во СЭВ, 1977. – 227 с.
- Унифицированные методы исследования качества вод: Ч. 3. Методы биологического анализа вод. – М.: Изд-во СЭВ, 1983. – 371 с.
- Шварцев С.Л., Савичев О.Г. Современное эколого-геохимическое состояние Томи и ее притоков // Эколого-биохимические исследования в бассейне Оби – Томск: Изд-во РАСКО, 2002. – С. 87-98.
- Шварцев С.Л., Савичев О.Г. Эколого-геохимическое состояние поверхностных вод бассейна Средней Оби // Гидрологические и экологические процессы в водоемах и их водосборных бассейнах. – Новосибирск: Наука, 1995. – С. 151-152.
- Щербак В.И., Бондаренко О.В. Фитопланктон притоков Днестра на примере реки Серет и Тернопольского водохранилища (Украина) // Альгология. – 2005. – 15, № 3. – С. 302-309.
- Щур Л.А., Лопатин В.И. Оценка современного санитарно-экологического состояния воды нижней части р. Ангары (Красноярский край, Россия) по фитопланктону и микрофитоперифитону // Там же. – С. 286-301.
- Экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на водные объекты / Отв. ред. Ю.П. Зайцев – Киев: Наук. думка, 1990. – 256 с.
- Якубова А.И. Сезонные изменения фитопланктона и биологическая продуктивность водоемов окрестностей Томска // Тр. Томск. ун-та. – 1951. – 115. – С.191-218.
- Karr J.R., Chu E.W. Sustaining living rivers // Hydrobiologia. – 2000. – 422/423. – P. 1-14.
- Muylaert K., Kerckvoorde A., Vyverman W., Sabbe K. Structural characteristics of phytoplankton assemblages in tidal and non-tidal freshwater systems: a case study from the Schelde basin, Belgium // Freshwater Biol. – 1997. – 38. – P. 263-276.
- Wehr J.D., Descy J.P. Use of phytoplankton in large river management // J. Phycol. – 1998. – 34. – P. 741-749.

Получена 28.09.06

Подписала в печать Л.А. Сиренко