

М.М. Силантьева, О.Н. Жихарева, Т.В. Кириллова, Д.М. Безматерных, Г.Н. Мисейко, Д.В. Золотов, А.В. Савоськин, В.Б. Журавлев, М.А. Мерлушикина, Е.Ю. Стась, М.В. Соловьева

К АНАЛИЗУ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ БАСЕЙНА БАРНАУЛКИ

Проблемы чистой воды и охраны биогидросферы становятся всё более острыми по мере развития научно-технического прогресса. Уже сейчас во многих странах, в том числе и в России, наблюдаются большие трудности в обеспечении водопотребления вследствие количественного и качественного истощения водных ресурсов. В первую очередь это связано с загрязнением водоёмов и водотоков, а также забором из них больших объёмов воды. Наиболее уязвимы при интенсивном освоении территорий водосборов реки, для которых характерна тесная связь формирующегося стока с ландшафтом бассейна. Основными антропогенными факторами, воздействующими на экосистемы рек, являются: изменение гидрологического режима в результате строительства гидротехнических сооружений (земляные плотины, дамбы), поступление загрязняющих веществ, в том числе плоскостной смыв с полей ядохимикатов и удобрений в период весенних и дождевых паводков, поверхностный сток с городской территории, деградация и уничтожение биоценозов рек и их экотопов в черте крупных промышленных центров. Все указанные факторы в полной мере влияют на экосистему Барнаулки.

Река Барнаулка, имевшая когда-то протяженность свыше 200 км, относится к средним рекам. Площадь бассейна реки составляет 5720 кв. км, в том числе действующая 4500 кв. км. Контур бассейна приходится на территорию Барнаула и 8 административных районов. Современная долина реки расположена в ложбине древнего стока. В верхней части долину образует ряд вытянутых котловин, в которых расположено до 10 проточных озёр. Питание Барнаулки осуществляется за счёт грунтовых вод и атмосферных осадков. Значительные запасы воды скапливаются в мелких озёрах и болотцах, прилегающих к пойме реки. Река относится к бассейну Оби и имела 14 основных притоков, являющихся малыми реками.

На притоках построено множество прудов для хозяйственных нужд. Сама река зарегулирована в черте города Барнаула. На территории бассейна расположено 36 совхозов, колхозов и товариществ, 6 лесхозов, 16 лесничеств. Из предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции в бассейне реки расположен Черемновский сахарный завод. На 1983 г. в контуре бассейна было расположено 103 населённых пункта с населением 61,2 тысячи человек (без населения города Барнаула). Около 63% площади водосбора распаханно, 22% облесено, 7% заболочено; суммарная площадь зеркала озёр около 4%. Основное загрязнение реки происходит в черте Барнаула, где в воду поступают поверхностный сток с городской территории и бытовой мусор.

Целью нашей работы стал анализ современного состояния экосистемы реки. Были поставлены задачи: установление истоков реки и учёт действующих притоков; исследование фитопланктона и зообентоса как индикаторов качества воды, изучение ихтиофауны и флоры (сосудистых растений, грибов, лишайников).

Материалы и методы исследования. Основой для оценки гидрологических характеристик реки стали опубликованные ранее материалы [1, 2]. Работа проводилась в течение трёх лет. Было организовано 4 экспедиции и более 30 рейдовых выездов. Изучение зообентоса, фитопланктона, оценка качества воздушной среды велись на 6 станциях пробоотбора в черте города, а также в истоках реки и по её притокам. Изучение компонентов биоты и их характеристик проводилось по стандартным ботаническим и гидробиологическим методикам [3-9]. Для оценки состояния фитопланктона Барнаулки использовался стандартный спектрофотометрический метод определения фотосинтетических пигментов, разработанный Г.Г. Винбергом, который позволяет определять концентрации хлорофиллов «а», «в», «с», каротиноидов и феофитина а.

Результаты. В ходе исследований было установлено, что истоками реки следует считать лесные озёра, расположенные в центре бора возле сёл Песчаное и Ворониха; река, вытекавшая ранее из проточных озёр, стала, короче на 40 километров, а сами проточные озёра обеспечивают ей лишь подпитку через систему пересыхающих в летний сезон проток и болот. Строительство на всех притоках реки дамб, земляных плотин и другая деятельность человека привели к тому, что река практически лишилась всех своих притоков. Наблюдения последних двух лет показывают, что ни один приток не имеет сообщения с рекой уже с начала июня, в летний период все они распадаются на фрагменты, а 4 притока погибли безвозвратно (р. Мохнатушка, руч. Визельный, р. Колывань, Тихая Речка). Изменение абиотического компонента экосистемы привело к изменению её биоты, представляющей собой совокупность видов флоры и фауны.

Высшие сосудистые растения. Всего для бассейна реки отмечено 785 видов высших сосудистых растений из 383 родов и 99 семейств. Около 80% видов флоры представлено в гербарии, остальные виды растений приводятся на основании литературных источников, причем значительная часть этих растений, по-видимому, исчезла с изучаемой территории. Вместе с тем отмечено 77 новых видов для окрестностей Барнаула, в том числе 2 новых вида для Сибири (*Helmithotheca echioides*, *Zizania aquatica* ssp. *angustifolia*), 5 видов растений, охраняемых на территории России [10] (*Syrpipedium calceolus*, *C. macrathon*, *Orchis militaris*, *Paeonia hybrida*, *Stipa pennata* s. str.), и 22 высших сосудистых растения, подлежащих охране в Алтайском крае [11]. Это: *Botrychium multifidum*, *Coralliorhiza trifida*, *Neottianthe cuculata* и др., а такие виды, как *Salvinia natans*, *Botrychium lunaria*, *Adonis villosa*, *Drosera anglica* и *D. rotundifolia*, *Helichrysum arenaria*, приводятся на основании сборов В.И. Верещагина [12], и возможно, уже исчезли из состава флоры бассейна реки.

Обобщение результатов географического, эколого-ценотического и биологического анализов показало, что в процессе антропогенной трансформации флоры бассейна Барнаулки исчезают лесные (бореальные) элементы, при одновременном внедрении степных и галофильных видов, а также при заносе и натурализации антропофильных видов. Выявленные тенденции антропофи-

тизации, ксерофитизации и галофитизации флоры протекают сопряженно, в значительной мере обуславливая друг друга.

Макромицеты. Эта группа объединяет грибы, имеющие плодовые тела достаточно крупных размеров, которые доступны наблюдению невооружённым глазом. Для Барнаульского ленточного бора отмечено 145 видов грибов-макромицетов, относящихся к 74 родам и 25 семействам сумчатых и базидиальных грибов. По количеству видов преобладают *рядовковые* (*Tricholomata-ceae*), *паутинниковые* (*Cortinariaceae*), *сыроежковые* (*Russulaceae*), *полипоровые* (*Polyporaceae*), *агариковые* (*Agaricaceae*). На долю этих семейств приходится 55% всех видов. Подобное соотношение ведущих семейств характерно и для других районов Сибири. Ведущими родами являются: сыроежка (*Russula*), говорушка (*Clitocybe*), волоконница (*Inocybe*), мицена (*Mycena*), млечник (*Lactarius*). Обилие видов рода *сыроежка* может свидетельствовать о серьезной антропогенной нагрузке ленточного бора в окрестностях Барнаула, где и проводились основные сборы. Все собранные виды макромицетов относятся к 6 экологическим группам: микоризообразователи (маслёнки, сыроежки и т.д.), гумусные сапротрофы (шампиньоны, лепиоты), подстилочные сапротрофы (мицены, энтоломы), ксилотрофы – разрушители древесины (пиптопорус березовый, ганодерма плоская), микотрофы – паразитирующие на грибах (коллибия клубневая). Наиболее хорошо представлены микоризообразователи (32%) и гумусные сапротрофы (31%). По пищевому значению макромицеты Барнаульского ленточного бора разделены на 3 группы: съедобные макромицеты (белый гриб, рыжик, подгруздок, козляк, шампиньон и др.) – 82 вида; несъедобные (паутинник коричневый, фолиота красно-желтая) – 54 вида и ядовитые (мухомор поганковидный, мухомор пантерный, бледная поганка, ложноопенок кирпично-красный, свинушка тонкая, псилоцибе полуланцетовидная, волоконница трещиноватая, мицена чистая) – 9 видов. Для 24 видов найдены сведения об их лекарственном значении.

Фитопланктон. Было обработано около 70 проб отстойного планктона, выявлено 254 вида (281 вид и разновидность, включая номенклатурный тип вида). Преобладают зеленые (*Chlorophyta*) и диатомовые (*Bacillariophyta*) водоросли (210 видов), что

является характерной чертой голарктических рек.

Экологический анализ выявил преобладание stenotherмных теплолюбивых видов (68,7%), 22% видов являются эвритермными, 8% – stenotherмными холодолюбивыми и 1,6% – виды, развивающиеся при умеренных температурах (+12-17 °С).

Основу фитопланктона реки составляют факультативные планктеры, т.е. виды, существование которых возможно как в планктоне, так и в бентосе и в перифитоне. Большая часть водорослей, обитающих в реке, относится к космополитам (48%), тогда как роль бореальных видов снижена (22%).

По видовому разнообразию в черте города доминируют эвгленовые (Euglenophyta), а по биомассе – сине-зеленые водоросли (Cyanophyta), что может служить показателем высокой трофности водотока. По количеству видов весной и осенью преобладают диатомовые водоросли, а летом – зеленые, из них хлорококковые (Chlorococcales) – самые многочисленные.

Сравнение сезонной динамики биомассы фитопланктона показало, что ранней весной биомасса растет медленно, затем в конце весны начинается её интенсивный рост. В середине лета величина биомассы достигает своего максимума, а осенью наблюдается её резкое падение.

Внезапное снижение видового разнообразия фитопланктона, смена доминантов, а также резкое уменьшение биомассы и численности, зафиксированное 25 июня 1997 г. в черте города, свидетельствуют о воздействии на фитопланктон промышленных сбросов неясного происхождения. Реанимационный период продолжался одну-две недели. По среднегодовым показателям биомассы фитопланктона река относится к эвтрофным водоемам.

Ихтиофауна. Современный состав ихтиофауны представлен 9 видами, относящимися к 4 семействам: щуковые (Esocidae), карповые (Cyprinidae), вьюновые (Gobiidae), окуневые (Persidae). В основном русле реки встречаются: пескарь, щиповка, щука и плотва. Золотой карась, линь и озёрный голяк отмечены только в пойменных водоемах. Серебряный карась и окунь населяют как русловые, так и пойменные биотопы. Все виды являются представителями аборигенной ихтиофауны. К наиболее редким видам отнесена щиповка сибирская, обычный ещё в середине 70-х гг. вид. В 1997 г. она не

была отмечена в составе ихтиоценоза. Вероятная причина сокращения численности этого вида заключается в ухудшении качества воды и условий обитания. Резко сократилось количество щуки, хотя ещё в 1984 г. по преобладающему составу ихтиофауны Барнаулку относили к плотвично-щучьей реке [13]. Сильное загрязнение воды в устье реки создаёт непроходимый порог для обских рыб. На формирование ихтиофауны нижнего участка реки большое влияние оказывает водохранилище в черте Барнаула (площадь 50 га), где отмечено увеличение видового разнообразия и ихтиомассы.

Среднее течение реки более бедно в видовом отношении. Обычными здесь являются плотва и пескарь, щука встречается редко. Верхний участок бассейна реки представлен в основном проточными, непроточными и бессточными озёрами, поэтому для него характерно формирование ихтиоценоза, представители которого адаптированы к экстремальным условиям существования. Ввиду высоких адаптивных возможностей здесь наиболее многочисленными являются два вида карася (золотой и серебряный). Окунь в верхнем участке отмечен только для оз. Горькое-Перешеечное, где он появляется периодически, так как при зимних заморах погибает в первую очередь.

Зообентос. По мнению большинства авторов [14], зообентос наиболее четко отражает степень загрязнения водоема, являясь в отличие от планктона постоянным обитателем данного биотопа, а в отличие от высших растений реагирует на изменение экологической обстановки более активно. Всего обработано 80 проб, обнаружен 91 вид беспозвоночных животных: Spongia – 1, Bryozoa – 1, Oligochaeta – 9, Hirudinea – 3, Mollusca – 17, Crustacea – 5, Aranei – 2, Collembola – 1, Trichoptera – 3, Ephemeroptera – 3, Odonata – 4, Heteroptera – 6, Coleoptera – 5, Diptera – 31 (из них Chironomidae – 25).

Были выявлены следующие виды-индикаторы: полисапробы – *Tubifex tubifex*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Chironomus* gr. *plumosus*, *Ch. cingulatus*, *Psectrotanypus sibiricus*, *Glyptotendipes barbipes*, α-мезосапробы – *Polypedilum nubeculosum*, *Procladius ferrugineus*, *Lymnaea lagotis*, *Erpobdella octoculata*, *Sphaerium corneum*, β-мезосапробы – *L. stagnalis*, *L. intermedia*, *L. ovata*, *L. auricularia*, *Planorbis planorbis*, *Cloen dipterum*, *Potamanthus luteus*, *Nepa cinerea*,

олигосапробы – *Limnophilus marmoratus*, *Ephemera ignita*.

Изучались различные способы оценки качества воды и определялись возможности их применения на Барнаулке и её притоках: биологический разрез по Кнеппу, метод

Гуднайта и Уитлея, индекс Вудивиса, индекс сапробности Пантле и Бука [15]. Классификация качества вод по этим индексам представлена в таблице 1.

Таблица 1

Классификация качества вод по различным индексам

Класс чистоты вод	Загрязненность воды	Сапробность	Индекс сапробности	Индекс Гуднайта и Уитлея	Биотический индекс Вудивиса
1	незагрязненные	олигосапробные	1,0-1,5	<20	8-10
2	хорошего качества	б-мезосапробные	1,5-2,5	20-60	6-7
3	низкого качества	а-мезосапробные	2,5-3,5	60-80	3-5
4	сильно загрязненные	полисапробные	3,5-4,0	80-100	0-2

Уровень загрязненности органическими веществами в реке менялся от слабого в верховьях до сильного в устье. Биологический разрез по Кнеппу показал: вода в истоках β-мезосапробная, в среднем течении α-β-

мезоса-пробная, в устье-полисапробная. Анализ качества воды в реке различными методами представлен в таблице 2.

Таблица 2

Индексы загрязненности р. Барнаулки в 1997 г.

Станции отбора проб	Индекс сапробности (S)	Индекс Гуднайта и Уитлея (Ng)	Индекс Вудивиса (W)	Класс вод
1. Устье	4	100	0,11	4
2. Базар	3,8	76	0,67	4
3. АЗА	3,6	95	1,25	4
4. р. Пивоварка	3,6	73	1,90	4
5. Дом-интернат	2,6	19	2,13	3
6. с. Б. Займка	3,4	8	2,25	3
7. с. Зимино	2,13	0	-	2

Исследование притоков реки показало, что многие из них являются крайне полисапробными: р. Рожня (S = 4, W = 1), р. Бутун (S = 4, W = 2), р. Панышиха (W = 2), или α-мезоса-пробными: р. Землянуха (S = 3, W = 3), р. Курья (S = 2,6, W = 3). Органическое загрязнение озёр, находящихся в истоках Барнаулки, также довольно высоко: полисапробным является оз. Лебяжье (S = 4), α-мезосапробными – оз. Урлаповское (S = 3), оз. Зеркальное (S = 2,9), оз. Бахматовское (S = 3), β-мезосапробными – оз. Песьяное (S = 2,5), оз. Серебрянниковское (S = 2), оз. Песчаное (S = 2,4).

Наряду с органическим загрязнением отмечена высокая степень естественной эвтрофии. Анализ качества воды на исследованных участках в 1996 и 1997 гг. [16]

различными методами дал принципиально сходные результаты: слабое, умеренное и сильное загрязнение соответственно для верхнего, среднего и нижнего течений.

Спектрофотометрический анализ. Изучение пигментных характеристик фитопланктона р. Барнаулки проводилось впервые. Было обработано 100 проб. В течение вегетационного периода концентрации пигментов колебались в широком диапазоне. Первый отбор проб проводился ещё до полного вскрытия реки, поэтому концентрации пигментов были нулевые или близки к нулю. Содержание хлорофилла «а», начиная с конца апреля, по данным 1997-1998 гг. в среднем составляло 22,2-23,6 мкг/л и соответствовало водным объектам эвтрофного типа по шкале Г.Г. Винберга [17]. В течение

всего периода регистрировались высокие концентрации каротиноидов, что характерно для мелководных водоёмов вследствие ре-сус-пензии каротиноидов из донных осадков, содержащих водорослевый детрит [18].

В двух точках пробоотбора: ниже стока Алтайского завода агрегатов и ниже устья р. Пивоварки постоянно наблюдалось угнетение развития фитопланктона. Возможно, здесь сказывается влияние веществ, поступающих в реку со стоками. Этим же можно объяснить понижение концентраций пигментов ниже по течению.

В весенний период пространственное распределение пигментов достаточно однородно, что связано с повышением уровня и расхода воды, обуславливающих быстрый транзитный перенос планктонных организмов, перемешивание и разбавление сточных вод, поступающих в реку в черте города. В то же время в летние месяцы пространственное распределение пигментов крайне разнородно, что обусловлено малым расходом воды в реке и проявляющимся в связи с этим влиянием локальных источников загрязнения.

Количественное соотношение разных пигментов подтверждает сведения о таксономическом составе фитопланктона. Пигментный индекс в большинстве обработанных проб колеблется в пределах от 1,2 до 3,4, что соответствует нормально функционирующему фитопланктону и значительно-му видовому разнообразию [19].

Лишайники-эпифиты как индикаторы качества воздуха в бассейне реки. Изучение лишайниковых группировок, встречающихся на коре деревьев вдоль берега Барнаулки в черте Барнаула, показало, что видовое разнообразие увеличивается от устья к с. Борзовая заимка. Район устья –

самое низкое место в городе, и здесь наблюдаются высокие концентрации поллютантов (двуокиси серы, окислов азота, тяжелых металлов и пр.). До устья р. Пивоварки непосредственно вблизи реки лишайники не обнаружены. Выше по течению группировки лишайников были представлены 8 видами, а в Борзовой заимке – 12 видами.

Доминирует р. *Physcia*. На отдельных взрослых деревьях клёна и тополя наблюдается сплошной покров эпифитных лишайников с северной стороны. Встречаются только листоватые и корковые лишайники, наиболее устойчивые к загрязнению воздуха. Это *Physcia stellaris*, *P. adscendens*, *P. aipolia*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*, *X. fallax*, *Caloplaca holocarpa*, *Lecanora* sp. и др. Эти виды считаются токситолерантными, и многие исследователи отмечают их наличие в городах. В черте города у *Physcia stellaris* наблюдаются признаки угнетенности: таллом сморщен, темно-серого или буроватого цвета, в центральной части розетка нередко разрушена, плодовые тела недоразвиты.

Около 120 проб лишайников было собрано в сосняках по берегам реки от нагорной части бора до с. Черёмное. Общая тенденция нарастания видовой насыщенности, а также увеличения проективного покрытия при удалении от города сохранялась: от 4 видов (*Flavopunctelia soledica*, *Parmelia sulcata*, *Physconia grisea* и *Evernia mesomorpha*) и среднего проективного покрытия (с.п.п.) 13,5% до 7 видов в окрестностях пос. Штатка (с.п.п. – 26%) и 5 видов в окрестностях с. Черёмное (с.п.п. – 32,5 %). В этих пунктах наряду с другими видами часто встречаются *Usnea hirta* и *Pseudevernia furfuracea*. Последний вид наиболее чувствителен к атмосферному загрязнению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектные предложения по установлению границ водоохранных зон и прибрежных полос реки Барнаулки в Алтайском крае: Отчет о НИР N123 / Алтайгипроводхоз. Барнаул, 1985.
2. Ресурсы поверхностных вод районов основания целинных и залежных земель: Вып. 4: Равнины Алтайского края и южной части Новосибирской области/ Ред. В.А. Урываева. Л., 1962.
3. Соколов Н.Ю., Баканов А.И. Методика количественного учета и пространственного распределения бентоса (хирономид) //

- Методическое пособие по изучению хирономид. Душанбе, 1982.
4. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова. Л, 1983.
5. Общие основы изучения водных экосистем / Под ред. Г.Г. Винберга Л., 1979.
6. Кузьмин Г.В. Фитопланктон // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоёмов. М., 1975.
7. Флора Сибири. В 14-ти т. Новосибирск, 1986-1997.

8. Гундризер А.Н., Кривощёков Г.М., Иоганзен В.Г. Рыбы Западной Сибири. Томск, 1984.
9. Трасс Х.Х. Классы толерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 7. Л., 1985.
10. Красная книга РСФСР (Расте-ния). М., 1988.
11. Красная книга Алтайского края. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений. Барнаул, 1998.
12. Верещагин В.И. Список растений окрестностей г. Барнаула // Алтайский сборник. Барнаул, 1930.
13. Определение рыбохозяйственного фонда и разработка рекомендаций по высокоэффективному рыбохозяйственному освоению малых рек: Отчёт по НИР / Алт. озёрно-речная лаборатория НО Сибрыбнии-проект. Барнаул, 1984.
14. Абакумов В.А., Качалова О.В. Зообентос в системе контроля качества вод // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. М., 1978; Л., 1981.
15. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод / Под ред. Г.Г. Вин-берга. Л., 1974.
16. Безматерных Д.М., Мисейко Г.Н. Зообентос как биоиндикатор качества вод реки Барнаулки (Алтайский край) // Проблемы общей биологии и прикладной экологии. Вып. 2/3. Саратов, 1997.
17. Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озёр разных природных зон. М., 1984.
18. Елизарова Е.А. Состав и содержание растительных пигментов в водах Рыбинского водохранилища // Гидробиол. журн. 1973. Т. 9. №2.
19. Бульон В.В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. Л., 1983.