

УДК 574: 556 (571.61)

Царькова М.Ф., к.б.н., ДальГАУ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ АГРОЛАНДШАФТОВ СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ

Проведена оценка химико-экологического состояния водоемов, находящихся в зоне интенсивного сельскохозяйственного природопользования по содержанию основных биогенных элементов, органических веществ и численности микроорганизмов наиболее важных эколого-трофических групп. Неблагоприятная ситуация на водоемах, выявленная по химическим показателям, согласуется с результатами биологического контроля. Основными источниками биогенной нагрузки в пределах исследуемых территорий являются сельскохозяйственные угодья, объекты животноводства.

Tsarkova M.F., Cand.Biol.Sci., FESAU

ECOLOGICAL EVALUATION OF PONDS' CONDITION OF AGRO-LANDSCAPES IN MIDDLE PRIAMURIE

The estimation of chemical and ecological state of the ponds which are being an area of intensive agricultural natural management by the content of the fundamental biogenic elements, organic substances and quantity of microorganisms of the most relevant eco-trophic groups is conducted. The severe situation in the ponds, taped on chemical indexes, is matching with outcomes of the biological supervision. The fundamental sources of biogenic load within the limits of explored terrains are agricultural lands, plants of animal husbandry.

Водные ресурсы, их количественное и качественное состояние, играют важную роль в обеспечении устойчивого социально-экономического развития Амурской области, которая располагает значительным водным потенциалом. Несмотря на то что большая часть запасов воды сосредоточена в крупных реках и водохранилищах, количественно в области преобладают малые водоемы и водотоки. Изучение именно малых водоемов особенно важно в контексте общего увеличения научного интереса к этим водным объектам в связи с их чувствительностью к внешним воздействиям, высокой уязвимостью и большим значением в жизни человека. Возрастание антропогенной нагрузки, зачастую ведущее к эвтрофированию, позволяет рассматривать малые водоемы в качестве индикаторов экологического состояния не только водосборных площадей, но и природно-экономических регионов в целом и требует систематического наблюдения за ними.

В Среднем Приамурье, где сосредоточены наиболее плодородные лугово-черноземовидные почвы, с 1961 года начали применяться интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Водоемы агроландшафтов постоянно испытывают сильное антропогенное воздействие в результате смыва с полей микрочастиц почвы, растворимых в воде азотных и фосфорных удобрений, стоков с расположенных рядом животноводческих комплексов и пастбищ, следствием которого является изменение

качества среды и компонентов экосистемы в целом, в том числе сообщества микроорганизмов. Поэтому изучение экологического состояния водоемов агроландшафтов имеет большое значение для защиты их от загрязнения и деградации.

Целью нашей работы явилась оценка экологического состояния водоемов агроландшафтов по содержанию биогенных элементов, органических веществ и численности микроорганизмов отдельных эколого-трофических групп.

Исследования проведены на водохранилищах рек Большой и Малый Алим в районе сел Садовое, Грибское, Дроново и Волково. Это типичные водоемы юга Среднего Приамурья, расположенные в ареале сельхозугодий, где на лугово-черноземовидных почвах более 40 лет при возделывании сои и зерновых культур применяются минеральные удобрения и химические средства защиты растений. В качестве контрольного водоема выбрано водохранилище Прядчинское, которое удалено от населенных пунктов и не подвержено антропогенному воздействию. Показатели качества воды в данном водоеме мы рассматривали как фоновые.

Отбор проб для определения выбранных компонентов, пробоподготовка и анализ проводились согласно общепринятым гидрохимическим и микробиологическим методам. Содержание органических веществ в воде водоемов определяли с помощью БПК₅, перманганатной (ПО) и бихроматной

окисляемости (ХПК). Содержание растворенного кислорода определяли скляночным методом Винклера. Аммиак и ионы аммония определяли с реактивом Несслера, нитритный азот – с реактивом Грисса, нитраты – с салицилатом натрия. Содержание ортофосфатов определяли методом Морфи-Райли [1, 2]. В качестве индикаторов биогенного и органического загрязнения использовали показатель численности сапрофитных гетеротрофных бактерий, аммоний-, нитрит- и фосфороксилирующих бактерий [3, 4].

Кислородный режим в значительной степени определяет химико-биологическое

состояние водоемов. Проведенные исследования содержания растворенного кислорода в летнее время характеризуются весьма значительным разбросом по годам. В 2004 году его содержание в воде исследуемых водохранилищ было преимущественно в пределах 3,5 – 6,5 мгО₂/л. Наиболее низкие из зафиксированных концентраций кислорода были отмечены в июне – июле 2005 года. Для всех водоемов в это время была характерна недонасыщенность кислородом на 85 – 60%, причиной которой могут являться процессы окисления органических веществ автохтонного и аллохтонного происхождения (табл. 1).

Таблица 1

Содержание растворенного кислорода в воде водоемов, мг О₂/л (в числителе) и процент насыщения воды кислородом (в знаменателе)

Место отбора	2004 г.			2005 г.			2006 г.		
	июнь	июль	август	июнь	июль	август	июнь	июль	август
Водоем с. Грибское	<u>6,3</u> 81%	<u>6,07</u> 85%	<u>5,28</u> 78%	<u>3,1</u> 40%	<u>2,67</u> 35%	<u>7,3</u> 92%	<u>9,26</u> 109%	<u>9,5</u> 115%	<u>12,4</u> 140%
Водоем с. Волково	<u>6,2</u> 77%	<u>4,7</u> 75%	<u>6,46</u> 89%	<u>3,57</u> 40%	<u>3,27</u> 40%	<u>4,9</u> 62%	<u>10,2</u> 89%	<u>9,2</u> 112%	<u>15,2</u> 150%
Водоем с. Дроново	<u>3,5</u> 43%	<u>6,5</u> 88%	<u>6,17</u> 110%	<u>1,37</u> 15%	<u>2,4</u> 28%	<u>7,3</u> 91,7%	<u>5,84</u> 71%	<u>5,9</u> 71%	<u>12,4</u> 140%
Водоем с. Садовое	<u>5,7</u> 70%	<u>7,3</u> 87%	<u>4,9</u> 75%	<u>1,57</u> 15%	<u>2,13</u> 25%	<u>4,07</u> 51%	<u>10,5</u> 87%	<u>7,4</u> 90%	<u>12,0</u> 135%
Водоем Прядчино	-	-	-	-	-	-	8,35 105%	8,5 94%	8,9 97%

В 2006 году преобладала прохладная, с осадками, погода, что сказалось на кислородных показателях воды в водоемах. Содержание растворенного кислорода не опускалось ниже значений рыбохозяйственного норматива в большинстве отобранных проб и составляло 7,4-15,2 мг О₂/л. В целом минимальные концентрации растворенного кислорода

зафиксированы в начале лета, высокие обнаружены в июльских и августовских пробах воды, когда в водоемах интенсивно протекают процессы фотосинтеза. Содержание растворенного кислорода в Прядчинском водохранилище было стабильным – 8,5 мг О₂/л, соответствовало рыбохозяйственному нормативу (ПДК_{вр}) и характеризовало водоем как очень чистый.

Таблица 2

Показатели, характеризующие содержание растворенного органического вещества в водоемах

Место отбора проб	ХПК, мг О/л			БПК ₅ , мг О ₂ /л			ПО, мг О/л		
	июнь	июль	август	июнь	июль	август	июнь	июль	август
2005 г.									
Водоем с. Грибское	<u>33</u> 0,5	<u>62</u> 0,7	44 0,3	-	<u>2,67</u> 0,3	-	<u>11,2</u> 0,4	<u>18,7</u> 1,2	<u>16,8</u> 0,5
Водоем с. Волково	19 0,2	<u>60</u> 0,4	52 0,5	-	<u>1,94</u> 0,2	<u>1,64</u> 0,1	<u>12,0</u> 0,3	<u>9,6</u> 0,8	<u>17,6</u> 0,2
Водоем с. Дроново	15 0,1	<u>60</u> 0,5	28 0,3	-	<u>1,41</u> 0,15	<u>3,9</u> 0,2	<u>11,2</u> 0,4	<u>21,6</u> 0,7	<u>20,8</u> 0,3
Водоем с. Садовое	<u>27</u> 0,4	<u>30</u> 0,3	20 0,2	-	<u>1,55</u> 0,1	-	<u>18,56</u> 0,5	<u>17,2</u> 0,2	<u>11,2</u> 0,2
2006 г.									
Водоем с. Грибское	<u>56</u>	<u>34</u>	<u>28</u>	<u>2,5</u>	<u>7,2</u>	<u>7,9</u>	<u>28,0</u>	<u>21,6</u>	<u>14,4</u>

	0,5	0,4	0,4	0,2	0,5	0,6	0,15	1,5	0,1
Водоем с. Волково	$\frac{92}{0,6}$	$\frac{28}{0,3}$	$\frac{26}{0,3}$	$\frac{3,0}{0,3}$	$\frac{3,0}{0,4}$	$\frac{3,1}{0,4}$	$\frac{24,8}{0,6}$	$\frac{18,4}{0,1}$	$\frac{16,0}{0,1}$
Водоем с. Дроново	$\frac{153}{0,6}$	$\frac{56}{0,5}$	$\frac{36}{0,4}$	$\frac{8,4}{0,5}$	$\frac{16,9}{0,6}$	$\frac{18,0}{0,7}$	$\frac{26,4}{0,6}$	$\frac{31,2}{0,1}$	$\frac{28,8}{0,1}$
Водоем с. Садовое	$\frac{77}{0,5}$	$\frac{18}{0,2}$	$\frac{16}{0,2}$	$\frac{2,7}{0,2}$	$\frac{1,8}{0,3}$	$\frac{3,1}{0,2}$	$\frac{20,8}{0,2}$	$\frac{15,2}{0,1}$	$\frac{8,4}{0,1}$
Водоем Прядчино	$\frac{19}{0,2}$	$\frac{20}{0,3}$	-	$\frac{1,1}{0,1}$	$\frac{0,7}{0,1}$	$\frac{0,5}{0,1}$	$\frac{5,36}{0,2}$	$\frac{3,2}{0,1}$	$\frac{6,2}{0,2}$
ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения культурно- бытового назначения		$\frac{15,0}{30,0}$			$\frac{2,0}{4,5}$			$\frac{5}{5}$	

* в числителе – среднее, в знаменателе – стандартное отклонение от среднего

В водоемах агроландшафтов юга Среднего Приамурья наблюдается загрязнение органическими веществами, выявленное по кислородным показателям. Во всех водохранилищах отмечено систематическое нарушение норматива по содержанию растворенного кислорода, превышение предельно-допустимых концентраций по ПО, БПК₅ и ХПК: самые

высокие концентрации органических соединений в воде наблюдаются в водоеме с. Дроново, где отмечены критические величины перманганатной окисляемости (14 ПДК), БПК₅ (4 – 9 ПДК), ХПК (5 – 10 ПДК), свидетельствующие, согласно ГОСТ 17.1.2.04-77, о чрезвычайной экологической ситуации и гиперсапробности (табл. 2).

Таблица 3

Содержание различных форм азота в исследуемых водоемах

Место отбора	N-NH ₄ , мг/л			N-NO ₂ , мг/л			N-NO ₃ , мг/л		
	июнь	июль	авг.	июнь	июль	авг.	июнь	июль	авг.
2003 г.									
Водоем с. Грибское	-	-	-	0,006	0,009	0,029	0,61	1,24	0,22
Водоем с. Волково	-	-	-	0,016	0,008	0,008	0,94	0,16	0,12
Водоем с. Дроново	-	-	-	0,019	0,342	0,168	4,86	7,04	0,69
Водоем с. Садовое	-	-	-	0,004	0,005	0,005	0	0	0,02
2004 г.									
Водоем с. Грибское	0,45	0,37	0,45	0,001	0,004	0,025	0	0,15	0
Водоем с. Волково	0,61	0,46	0,41	0,002	0,004	0,007	0	0,15	0
Водоем с. Дроново	0,65	0,92	2,68	0,002	0,015	0,061	0	0,22	0
Водоем с. Садовое	0,55	0,50	0,21	0,001	0,008	0,007	0	1,95	0,02
2005 г.									
Водоем с. Грибское	0,3	0,61	2,28	0,003	0,038	0,001	0,04	0	0,08
Водоем с. Волково	0,34	0,5	1,18	0,003	0,031	0,001	0	0	0,12
Водоем с. Дроново	0,56	0,92	1,8	0,022	0,031	0,001	0,63	0,05	0,12
Водоем с. Садовое	0,26	0,75	1,23	0	0,038	0,001	0,07	0	0,13
2006 г.									
Водоем с. Грибское	2,01	1,93	0,9	0,006	0,006	0,002	0,013	0,007	0,1
Водоем с. Волково	2,14	1,93	0,69	0,007	0,027	0,003	0,046	0	0,07
Водоем с. Дроново	0,57	2,4	1,93	0,009	0,016	0,011	0,06	0,2	0,09
Водоем с. Садовое	1,4	1,52	0,72	0,003	0,027	0,003	0	0,06	0,09
Водоем Прядчино	0,12	1,05	0,39	0,005	0,003	0,007	0	0,1	0,1
ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения	0,39			0,02			9		
культурно-бытового назначения	2			1			10		

По содержанию азота, нитритов, нитратов и аммония можно судить не только о степени загрязненности воды, но и о протекании процессов самоочищения. Для исследуемых вод характерно высокое содержание азота в виде иона аммония. Повышенные содержания N-NH₄ наблюдались в конце вегетационного сезона и были связаны, очевидно, с усилением процессов распада накопившегося за лето органического вещества. В июле–августе отмечается избыток осадков, которые способствуют выносу биогенов с поверхностным стоком с территорий сельскохозяйственных угодий.

В 2006 г. превышения гигиенического норматива по данному показателю связаны с большим количеством осадков. Это определило, вероятно, и высокий уровень N-NH₄ в июльских пробах воды даже в контрольном водоеме и связано с процессами биохимической деградации аллохтонного вещества. В июне и августе вода данного водоема соответствовала классу удовлетворительной чистоты (табл. 3).

Анализ полученных данных показывает, что в летний период 2003–2006 гг. превышения ПДК по нитритному азоту во всех водохранилищах не отмечено, хотя рыбохозяйственный норматив нарушался неоднократно. Максимальное за период

наблюдений содержание $N-NO_2$ в июле 2003 г. в водохранилище с. Дроново связано, по-видимому, с процессами разложения органического вещества. Это подтверждает и максимальное за все годы наблюдений значение перманганатной окисляемости, которая превышает норматив для водоемов культурно-бытового назначения почти в 14 раз.

Для обследованных водохранилищ характерно повышенное содержание нитратного азота в воде. Для концентраций нитратов прослеживается четкая связь с количеством осадков и подъемом уровня воды (табл. 3). Показателен в этом отношении 2003 год. В июне месячный объем осадков составил в сельскохозяйственных районах 70 – 115% нормы, в июле и августе он превысил норму в 1,5 – 2,5 раза. В результате обильных дождей сельскохозяйственные угодья были затоплены и произошло вымывание из почвы азотных удобрений.

В водоеме с. Дроново наблюдается прямое поступление животноводческих стоков в водохранилище. По содержанию нитратного азота в июне – июле 2003 г. этот водоем классифицирован как очень грязный – 4,86 и 7,04 мг $N-NO_3$ /л. В водоеме с. Грибское также отмечено увеличение данного показателя в июне и, особенно в июле. Во всех водоемах наблюдался усиленный рост фитопланктона, так как концентрация $N-NO_3$ была оптимальной для развития сине-зеленых водорослей. В

контрольном водоеме массового цветения микроводорослей не зафиксировано и по содержанию нитратного азота его воды отнесены к чистым и очень чистым.

Содержание соединений фосфора подвержено значительным сезонным колебаниям, поскольку оно зависит от соотношения интенсивности процессов фотосинтеза и биохимического окисления органических веществ. Основными поставщиками P_2O_5 в водоемы экосистем агроландшафтов являются сельскохозяйственные объекты – пашни, склады минеральных удобрений, объекты животноводства.

По данным Амурской областной проектно-изыскательской станции химизации в южной зоне Приамурья с 1961 по 1996 г. было использовано 108613 тонн фосфорных удобрений. Проведенное нами изучение содержания соединений $P_{мин}$ в почве близлежащих полей показало, что содержание подвижных форм фосфора обнаруживается до глубины 1 м. Так, в слое почвы 0 – 20 см оно составило от 30 до 237 мг/кг, в пахотном слое 20 – 40 см – 17 – 91 мг/кг. Подвижные формы фосфора обнаружены в слоях почвы до 100 см в количестве от 7 до 24 мг/кг. Многолетнее применение фосфорных удобрений привело к накоплению и миграции соединений фосфора по профилю, что привело к удобрению этим элементом воды водоемов.

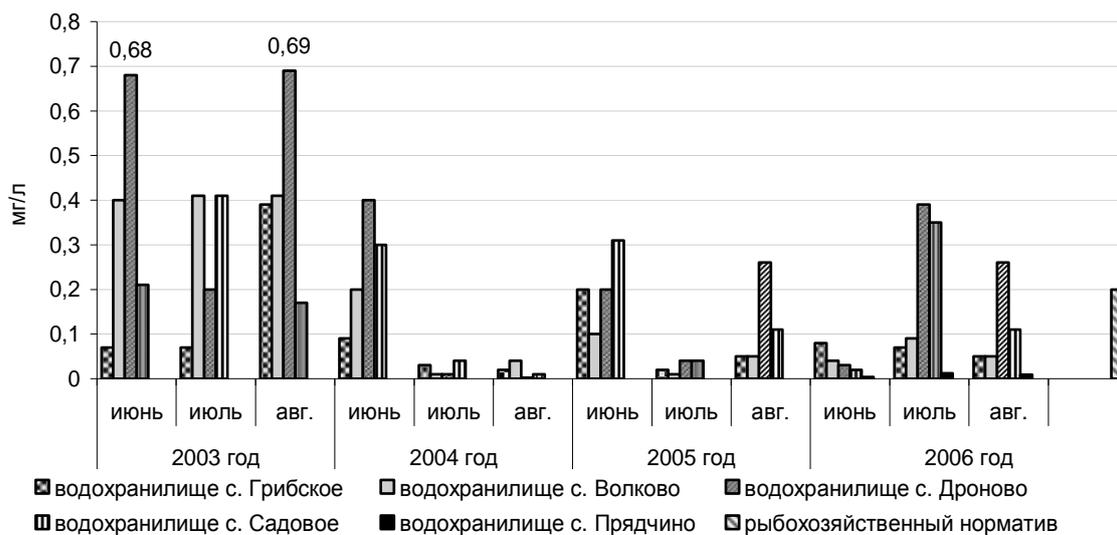


Рис. 1. Содержание в воде фосфора минерального, мг/л

Самые высокие концентрации минеральных соединений фосфора в водоемах отмечены в 2003 году и связаны с выпадением большого количества осадков. Обильные дожди вызвали вымывание аккумулярованных фосфатов из донных отложений. Диффузный сток с сельскохозяйственных угодий также явился источником загрязнения водных объектов. Зафиксированные концентрации $P_{\text{мин}}$ в водохранилищах сел Дроново и Волково превышали ПДК для рыбохозяйственных водоемов в два и более раз (рис. 1).

В 2004 и 2005 гг. наибольшие величины ортофосфатов в воде водоемов выявлены в июне. С усилением процессов синтеза автохтонного органического вещества, максимум которых приходится на июль, происходит снижение содержания в воде $P_{\text{мин}}$. В августе в водоемах интенсивно идут процессы обогащения воды продуктами распада и минерализации органического вещества, а также планктона и бентоса. В результате содержание ортофосфатов к концу летнего периода несколько повышается.

В 2006 г. превышение рыбохозяйственного норматива по содержанию фосфора наблюдалось в июльских пробах воды. В это же время в контрольном водоеме концентрации $P_{\text{мин}}$ составляли лишь тысячные доли миллиграмма в литре. Это еще раз подтверждает антропогенный источник загрязнения воды водоемов агроландшафтов.

Изучение концентраций веществ в воде недостаточно полно отражает токсикологическую нагрузку на экосистемы, так как не учитываются эффекты синергизма, антагонизма, суммации. Использование методов биологического контроля позволяет адекватно судить об общем экологическом состоянии водоема. В качестве индикаторов биогенного и органического загрязнения нами использовались численности сапрофитных гетеротрофных бактерий, аммонийоокисляющих, нитритоокисляющих и фосфорокисляющих бактерий.

Индикатором органического загрязнения служит показатель численности сапрофитных гетеротрофных бактерий, основной функцией которых является деструкция и минерализация органических веществ. Высокая общая численность гетеротрофных бактерий отмечена во всех обследованных водохранилищах. Особенно высока она была в водоеме с. Дроново. Максимальная общая численность гетеротрофных бактерий наблюдалась в июне 2006 г. – 4,5 млн. кл/мл. Снижение общей численности данной группы микроорганизмов отмечено во время массового размножения сине-зеленых водорослей, которые, по-видимому, отрицательно влияют на гетеротрофные бактерии. Значения общей численности гетеротрофных бактерий в обследованных водохранилищах были выше, чем в контрольном водоеме на 1 – 4 порядка, что говорит о загрязнении вод водохранилищ легкоокисляющимся органическим веществом. Оценка качества воды традиционным методом – по БПК₅ и микробиологическим показателям – показывает, что вода в водоемах относится к загрязненной и грязной.

Данные микробиологического анализа по содержанию бактерий, окисляющих аммоний, дополняют результаты гидрохимических исследований, проведенных параллельно. Численность бактерий, окисляющих аммоний, в водохранилищах агроландшафтов выше, чем в контрольном водоеме в 20-200 раз.

Количественный рост бактерий, окисляющих нитриты до нитратов отмечался в июне – июле 2005 г., когда во всех водоемах нами был установлен дефицит кислорода.

Результаты по фосфорокисляющим бактериям также согласуются с гидрохимическими показателями. Высокие концентрации фосфатов в 2006 г. в водохранилище с. Дроново подтверждаются данными микробиологического анализа – численность бактерий, окисляющих фосфор, составляла от 3,4 до 9,8 тыс. кл/мл.

Таким образом, загрязнение воды в водоемах агроландшафтов происходит в результате выноса биогенных элементов, органического вещества с поверхностным стоком с близлежащих сельскохозяйственных угодий. По содержанию органических веществ, минеральных форм азота и фосфора водохранилища отнесены к типу эвтрофных. Вода в контрольном водохранилище по всем изученным показателям классифицируется как чистая. Комплексное использование методов химического анализа и биологического контроля позволяет получить более точную, интегральную оценку экологического состояния водоемов. По суммарным показателям состояние обследованных водоемов оценивается как критическое.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов.- М.: Госстандарт СССР, 1977.
2. Лурье, Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод / Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1973. – 248 с.
3. Методы химического анализа в гидробиологических исследованиях. – Владивосток, 1979. – 127 с.

4. Youchimizu, M. Study of intestinal microflora of salmonids / M. Youchimizu, T. Kimura // Fish. Pathol., 1976. - Vol. 10.- № 2.- P. 243.
- Кузнецов, С.И. Методы изучения водных микроорганизмов / С.И. Кузнецов, Г.А. Дубинина.- М.: Наука, 1989.- 288 с.