

УДК 639.311.043.2:631.82(85(470.61))

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО АЗОТНО-ФОСФОРНО-КАЛИЙНОГО УДОБРЕНИЯ НА РАЗВИТИЕ ФИТО- И ЗООПЛАНКТОНА В МАЛЬКОВЫХ ПРУДАХ ДОНСКОГО ЗОНАЛЬНОГО РЫБОПИТОМНИКА

© 2008 г. Г.В. Головки

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Ростов-на-Дону 344002

Поступила в редакцию 17.05.2007 г.

Окончательный вариант получен 13.02.2008 г.

Рассматривается влияние азотно-фосфорно-калийных (NPK) удобрений на формирование кормовой базы и продуктивность рыбоводных прудов ДЗРП Ростовской области, грунты и грунтовые воды которого характеризуются пониженным содержанием калия. Показано его положительное влияние на процесс фотосинтеза и величину первичной продукции, развитие кормовой части фитопланктона, формирование необходимой фауны (коловраток), выживаемость и массу подраживаемых личинок растительноядных рыб и рыбопродуктивность.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших проблем прудового рыбоводства является получение жизнестойкого посадочного материала, повышение его выживаемости. Выживание рыб непосредственно связано с обеспеченностью личинок живым кормом, особенно на ранних стадиях развития. Как показали многолетние исследования (Битехтина, Труфанова, 1979), личинки растительноядных рыб при переходе на активное питание, потребляют мелких коловраток, простейших и отличаются большой стенофагией, т.е. практически не переходят на вынужденное питание несвойственными для них организмами. Исходя из этих предпосылок появилась необходимость в разработке новых методов интенсификации естественной кормовой базы, позволяющих целенаправленно и гарантированно формировать развитие гидробионтов в период перехода личинок на активное питание. Одним из способов воздействия на формирование кормовой базы в прудах является применение удобрений.

В монографии И.Н. Харитоновой (1984) указано, что в прудах, удобряемых органическими удобрениями, в частности гидролизными дрожжами и навозом, как правило развиваются крупные ветвистоусые, главным образом *Daphnia magna*. В прудах, удобряемых минеральными удобрениями, в массовом количестве развивается коловратка. Кроме того, изменением режима внесения удобрений можно регулировать не только количество фитопланктона, но и его размерный состав (Лаврентьева, Авинская, 1985).

Анализ существующих технологий удобрения прудовых систем, ставящих целью создание оптимальных условий развития естественной кормовой базы (Применение минеральных удобрений..., 1968; Нормы потребности прудов в минеральных удобрениях..., 1986; Инструкция по повышению естественной рыбопродуктивности..., 1989), показал, что применяемые в настоящее время в рыбоводстве аммиачная селитра и суперфосфат, ставшие в последнее время традиционными удобрениями, не могут обеспечить на юге России сбалансированность прудовых систем по двум причинам (Шевцова, 2002):

– поскольку почвы и воды Нижнего Дона имеют нейтральную или щелочную реакцию среды, фосфор суперфосфата быстро переходит в труднодоступное для гидробионтов состояние и, таким образом, при внесении этих двух видов удобрений, получаем

одностороннее внесение только азота. А использование в щелочных водах такого приема как известкование, способствует по мере гидролиза суперфосфата $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ образованию более основных соединений вплоть до устойчивого гидроксилапатита $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ (Эволюция круговорота фосфора..., 1988);

- второй причиной невозможности создания с помощью современных систем удобрений сбалансированности прудовых систем является игнорирование роли калия, поскольку существует мнение, что в водах и почвах находится достаточное его количество. Однако, для пойменных почв Нижнего Дона, на которых расположено большинство рыбоводных хозяйств Ростовской области, характерно пониженное содержание валового калия (0,3-1,2%), тогда как в черноземах его около 2,5%. В пойме Нижнего Дона Г.Н. Шевцовой (2002) выделено четыре района, отличающихся один от другого гидрологическим режимом, степенью засоления, растительностью. Тем не менее, содержание калия в грунтах, донных отложениях и водах невысокое.

В обводненной среде наблюдается уменьшение доступного калия в связи с его необменной фиксацией вторичными минералами с расширяющейся решеткой (иллит, монтморил-лонит, вермикулит) и трансформацией их в гидрослюды (Миллю, 1968). Кроме того, следует отметить, что содержание калия в почве выше при кислой реакции среды, чем при нейтральной или щелочной, т.е. в условиях повышенной щелочности создаются условия для дефицита калия (Ичелкин, 1966). А при недостатке калия тормозится множество биохимических процессов, затрагивающих практически все стороны обмена веществ.

В ряде исследований показана тесная корреляция между содержанием калия в клетке и интенсивностью процессов роста. По-видимому, недостаток калия тормозит деление, рост и растяжение клеток (Агрохимия, 1989).

В конце 80-90-х годов прошлого столетия усилился интерес зарубежных стран к соединениям, содержащим калий. Так, практически все калийные удобрения, производящиеся в России, вывозились за ее пределы. Это явление связано с их высокой эффективностью в системе интенсификационных мер.

На важность применения калия указывал еще в 1946 г. А.И. Елеонский в работе «Прудовое рыбоводство», где показано, что даже в богатых калием прудах можно получить положительный эффект (на 30% и даже более) от внесения калийных удобрений, которые, понижая высокую щелочность прудов, мобилизуют находящуюся в них фосфорную кислоту и кальций, что вызывает повышение продуктивности прудов.

Рассматривая влияние калийных удобрений на рыбопродуктивность прудов при поликультуре, И.Н. Харитонova (1987) приводит данные о том, что внесение в пруды калийных солей совместно с азотно-фосфорными удобрениями положительно влияет на продукционные свойства фито- и зоопланктона. Процессы новообразования органического вещества преобладают над процессами разрушения. Продукционные возможности фитопланктона с применением калия оказываются выше в 2-4,1 раза, чем в контроле; выше оказалась и продукция ракообразных. Эти работы показывают эффективность применения калийных соединений в прудовых системах СССР.

Как установлено исследованиями, для пойменных почв (Шевцова, 2000), на которых расположено большинство рыбоводных хозяйств Ростовской области, характерно пониженное содержание валового калия (0,3-1,2%), тогда как в зональных черноземах его около 2,5%; величина валового содержания калия в слое толщиной 20 см в торфяниках, характеризующихся низким содержанием калия составляет 0,02-0,05% (Мартышев, 1973), в составе поглощенных оснований – 0,44-0,50 мг/экв/100 г почвы.

В связи с этими причинами на базе ДЗРП было решено испытать в качестве удобрений вместо плохо растворимого в воде суперфосфата монофосфат калия, применение которого уменьшает трудозатраты за счет его высокой растворимости и одновременно частично восполняет недостаточное содержание калия в среде обитания гидробионтов (Заявка на изобретение №20081000740 с приоритетом от 09.01.08 «Способ интенсификации естественной кормовой базы рыбоводных прудов» находится на рассмотрении в ФИПС Роспатента).

Монофосфат калия ($\text{KН}_2\text{PO}_4$) используется в сельском хозяйстве для повышения урожайности и является концентрированным фосфорно-калийным бесхлорным водорастворимым удобрением, совместимым с другими удобрениями и без вредных примесей. Его эффективность достигается за счет высокой усвояемости растениями чистых питательных веществ. Массовая доля общих фосфатов – 50%, массовая доля калия – 33%.

МЕТОДИКА

Опыты проводились в двух вариантах: вариант с азотно-фосфорными удобрениями – NP (контрольный пруд – 0,2 га) и вариант с внесением азотно-фосфорно-калийных удобрений – NPK (опытный пруд – 0,2 га). На третьи сутки после начала залития прудов вместе с током воды внесли удобрения: в контрольный – 50 кг/га аммиачной селитры и 50 кг/га простого суперфосфата; в опытный – 30 кг/га аммиачной селитры, 20 кг/га $\text{KН}_2\text{PO}_4$ и 35 кг/га KCl. В опытный и контрольный пруды посадили по 410 тыс. шт. личинок (2,05 млн. экз./га), из них 300 – белого толстолобика, 100 – пестрого, 10 – белого амура. Продолжительность подращивания одинаковая в обоих прудах: для пестрого толстолобика – 24, для белого – 21, для белого амура – 17 суток.

Агрохимический состав грунтов опытных прудов перед заливом велся согласно «Руководству по химическому анализу почв» (Аринюшкина, 1970).

Оценка отклика планктоценозов на разный состав удобрений проводился по следующим показателям: определение первичной продукции, анализ качественного и количественного состава фито- и зооценозов. Для анализа структуры сообщества применяли показатель выравненности Пиелу (E) и доминирования Симпсона (C), которые вычисляли по формулам:

$$E = H \lg S,$$

$$C = \sum (b_i/B)^2;$$

$$H = \sum (b_i/B) \cdot \lg (b_i/B),$$

где b_i – биомасса i-го вида, B – общая биомасса фитопланктона на станции, S – число видов (Одум, 1975; Дворецкий, 2007).

Обработку гидробиологических проб осуществляли по «Методике изучения биоценозов внутренних водоемов» (1975). Интенсивность фотосинтеза и деструкции органического вещества изучались скляночным методом в кислородной модификации (Винберг, 1961). Фитопланктон идентифицировали по определителю пресноводных водорослей СССР в 14-ти выпусках. Параллельно отбирались пробы на изучение питания подращиваемых рыб. Анализ качественного и количественного состава пищи рыб при подращивании велся на основе «Методического пособия по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях» (1974). Расчет количества зоопланктона, потребовавшегося на выращивание молоди, проводился с учетом кормовых коэффициентов потребляемого зоопланктона (Винберг, 1968).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Агрохимический анализ почв исследуемых прудов, проведенный перед заливом, показал отсутствие в них фосфора и близкое по величине незначительное содержание гумуса (опытный пруд – 1,65, контрольный пруд – 1,00%). Содержание калия было близким и составляло: в грунтовой воде – 0,008-0,010 г/л, в водной вытяжке из почв прудов до залива – 0,008%.

Реакция воды прудов – щелочная – в среднем 8,1 единиц pH. В период подращивания рыб резких колебаний температур воды и воздуха не наблюдалось. Средняя температура воды не превышала 27 °C.

По зарастаемости высшей водной растительностью используемые пруды в течение эксперимента практически не отличались. В начальный период они были свободны от высшей водной растительности и лишь к концу по бережьям появились незначительные заросли молодого тростника и осоки, занимающие 3-4% акватории экспериментальных прудов.

Сразу после внесения удобрений в прудах отмечали увеличение концентрации биогенов, которая постепенно снижалась. В воде обоих прудов в течение эксперимента количество азота и фосфора находилось в пределах технологических норм (около 2 мг N/л и 0,5 мг P/л); определение калия в прудовой воде в течение эксперимента, к сожалению, не проводилось.

Новообразование органического вещества

Значения величин валовой и чистой продукции до внесения удобрений были близкими (рис. 1, 2). На 3-и сутки после внесения удобрений, валовая продукция ($\Phi_{\text{вал}}$) в опытном пруде стала в 2 раза выше, чем в контрольном (11,52 и 5,04 мг O_2 /л сутки соответственно), а чистая первичная продукция ($\Phi_{\text{чист}}$) – в 3 раза.

На 9-е сутки после внесения удобрений в опытном пруде валовая продукция уменьшается (с 11,52 до 9,4), однако доля чистой первичной продукции остается достаточно высокой, составляя 73,4% (6,9 мг O_2 /л в сутки). В контроле доля чистой первичной продукции составляет 49,9% (4,23 мг O_2 /л в сутки).

К 18-м суткам процессы продуцирования в опыте и контроле сравниваются – чистая продукция от валовой в опыте составляет 33,2%, и довольно близкие значения в контроле – 35,8%.

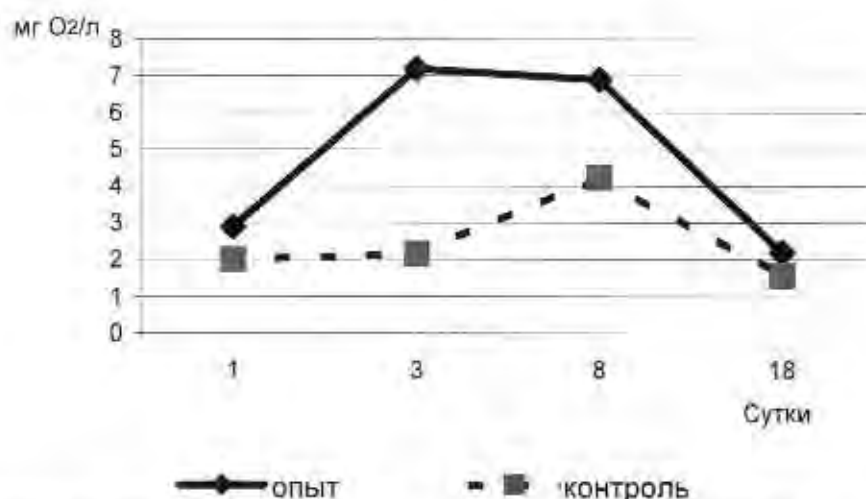


Рис. 1. Динамика чистой продукции прудов при разных способах удобрения.

Fig. 1. Dynamics of net phytoplankton production in ponds at the different methods of intensification.

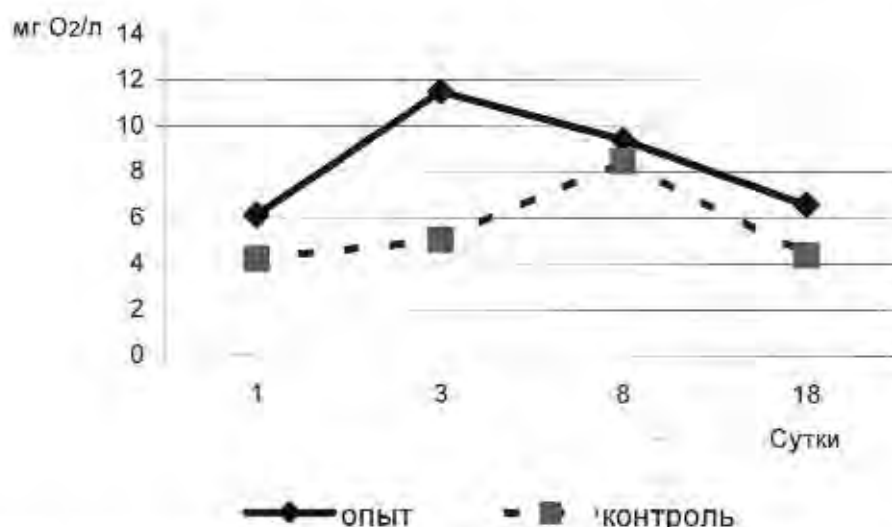


Рис. 2. Динамика валовой продукции прудов при разных способах удобрения.

Fig. 2. Dynamics of total production in ponds at the different methods of intensification.

Итак, в опытном варианте увеличение значений чистой и валовой продукции наблюдается уже к 3-им суткам; в контроле же это происходит только к 8-м суткам и в меньшей степени.

Таким образом, внесение калийных соединений оказывало усиливающее влияние на процесс фотосинтеза и величину валовой первичной продукции в течение двух недель, что отразилось на состоянии всей трофической цепи.

Фитопланктон

В фитопланктоне обоих прудов значительных различий видового состава не отмечалось. Так, в опытном пруде был обнаружен 41 вид водорослей (в контроле – 40), относящихся к 7 отделам: причем хлорококковые имели 44% (в контроле – 37,5%), синезеленые – 19,5% (в контроле – 22,5%), диатомовые – 12,2% (в контроле – 17,5%),

эвгленовые – 14,6% (в контроле – 12,5%). Остальные – вольвоксовые, желто-зеленые и широкофитовые представлены поровну малым количеством видов (табл. 1).

Таблица 1. Видовой состав фитоценозов опытного и контрольного прудов в контроле и при использовании азотно-фосфорно-калийных удобрений.

Table 1. Species composition of phytoplankton in ponds with different methods of intensification applied.

№ п.п.	Виды	Контроль	Опыт
CYANOPHYTA			
Класс Chroococcophyceae			
Порядок Chroococcales			
1	<i>Gloecapsa minuta</i> (Kütz.) Hollerb. ampl.	+	+
2	<i>Merismopedia glauca</i> (Ehr.) Nag. f. <i>glauca</i>	+	+
3	<i>M. minima</i> G. Beck.	+	+
4	<i>Microcystis pulvereae</i> (Wood) Forti emend Elenk. f. <i>pulvereae</i>	+	+
Класс Hormogoniophyceae			
Порядок Oscillatoriales			
5	<i>Oscillatoria agardhii</i> Gom. f. <i>agardhii</i>	+	+
6	<i>Phormidium</i> sp. Kütz.	+	+
7	<i>Romeria leopoliensis</i> (Racib.) Korzw.	+	+
Порядок Nostocales			
8	<i>Anabaena bergii</i> Ostenf. f.	+	+
9	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs f. <i>flos-aquae</i>	+	+
Итого CYANOPHYTA		9	9
EUGLENOPHYTA			
Класс Euglenophyceae			
Порядок Euglenales			
<i>Euglena acus</i> Ehr. v. <i>acus</i>		+	+
<i>Euglena</i> Ehr. sp.		+	+
<i>Lepocinctis ovum</i> (Ehr.) Mink. v. <i>ovum</i>		+	+
<i>Phacus</i> Duj. sp.		+	+
<i>Trachelomonas planctonica</i> Swin.		+	+
<i>T. oblonga</i> Lemm.		+	+
Итого EUGLENOPHYTA		5	6
DINOPHYTA			
Класс Dinophyceae			
Порядок Gymnodiniales			
<i>Gymnodinium</i> Klebs. sp.		+	+
Итого DINOPHYTA		1	1
BACILLARIOPHYTA			
Класс Centrophyceae			
Порядок Thalassiosirales			
<i>Stephanodiscus astraea</i> Grun.		+	+
<i>Cyclotella</i> Kütz. sp.		+	+
Класс Pennatophyceae			
Порядок Araphales			
<i>S. ulna</i> (Nitzsch) Ehr. v. <i>ulna</i>		+	+
Порядок Raphales			
<i>Navicula gracilis</i> Her.		+	+
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Sm. v. <i>acicularis</i>		+	+
<i>Nitzschia</i> Haas. sp.		+	+
<i>Rhencosphanta curvata</i> (Kütz.) Grun. v. <i>curvata</i>		+	+
Итого BACILLARIOPHYTA		7	5

Продолжение таблицы 1.
Continuation of table 1.

XANTHOPHYTA			
Класс Heterococcyphyceae			
Порядок Heterococcales			
<i>Cetritractus helonophorus</i> Lemm.	+	+	
Итого XANTHOPHYTA	1	1	
CHLOROPHYTA			
Порядок Volvocales			
<i>Carteria klebsii</i> (Dang.) France.	+	+	
<i>Chlamydomonas globosa</i> Snow.	+	+	
Порядок Chlorococcales			
<i>Ankistrodesmus angustus</i> Bern.	+	+	
<i>Ankistrodesmus acicularis</i> Korsch.	+	+	
<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korsch.	+	+	
<i>Aktnastrum Hantzschii</i> Lagerh.	+	+	
<i>Chlorella vulgaris</i> Beyer	+	+	
<i>Coelastrum sphaericum</i> Naeg.			+
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchn.) W. et W.	+	+	
<i>Didymocystis</i> Korsch.sp.	+	+	
<i>Francea echidna</i> (Bahl.) Korsch.	+	+	
<i>Lambertia setosa</i> (Filarszky) Korsch.	+	+	
<i>Kirkneriella lunaris</i> (Kirchn.) Moeh. v. <i>lunaris</i>	+	+	
<i>Kirkneriella obova</i> Korsch.	+	+	
<i>Oocystidium crassa</i> Korsch.	+	+	
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen v. <i>duplex</i>	+	+	
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerch.) Chod. v.			+
<i>Sc. quadricauda</i> (Turp.) Breb. v. <i>quadricauda</i>	+	+	
<i>Trebharia triappendiculata</i> Bern.			+
<i>Tetrastrum staurigeniforme</i> (Roll).	+	+	
Итого CHLOROPHYTA	17	19	
Всего	40	41	

Процентное содержание видов диатомовых, пиропитовых, желтозеленых и эвгленовых микроводорослей в общей биомассе фитопланктона было близким; доля синезеленых в опыте оказалась выше (37,7 против 28,1%); доля зеленых – ниже (38,9 против 45,4%).

Биомасса фитопланктона в период эксперимента в опытном пруде изменялась от 7,49 до 12,43 г/м³, численность – от 44,9 до 172,3 млн. экз./л (рис. 3); в контроле – от 5,61 до 12,72 г/м³, численность – от 43,02 до 185,66 млн. кл./л (рис. 4). Среднесезонные показатели численности фитопланктона в контроле были немного выше 102,99 и 101,00 млн. экз./л; а биомассы 9,83 и 10,41 г/м³, соответственно. Преобладание среднесезонной численности фитопланктона в контрольном пруде обусловлено интенсивным развитием мелких хлорококковых (роды *Chlorella*, *Tetrastrum*) в конце опыта и меньшим прессом потребителей:

- численность зоопланктона снизилась до 0,1 г/м³ (ниже опытного в 2 раза);
- количество подросшей молодежи в это время была также ниже в 1,6 раза.

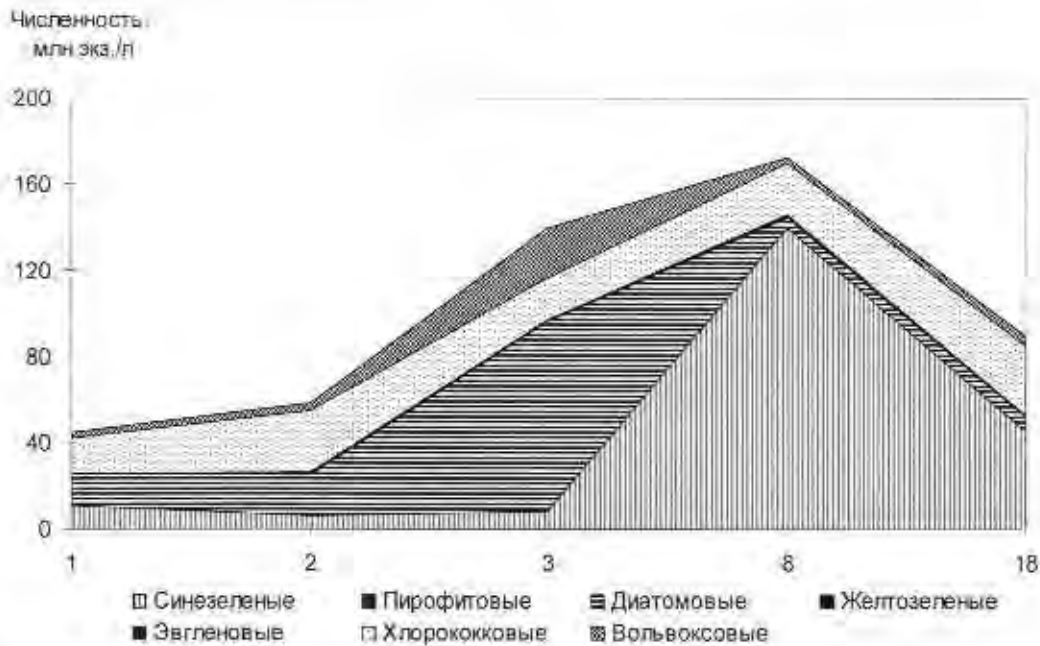


Рис. 3. Динамика численности фитопланктона опытного пруда.

Fig. 3. Dynamics of phytoplankton abundance in the test.

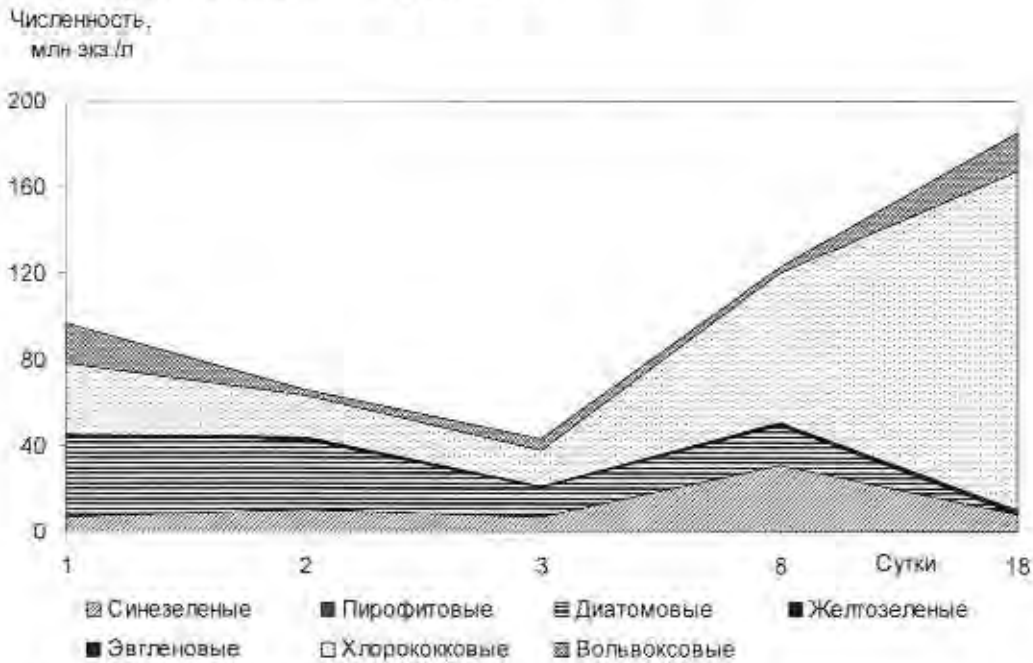


Рис. 4. Динамика численности фитопланктона контрольного пруда.

Fig. 4. Dynamics of phytoplankton abundance in the control.

До внесения удобрений в контроле и опыте численно преобладали зеленые водоросли, субдоминировали диатомовые. Под влиянием удобрений через 3-е суток в контроле произошло снижение доли зеленых в численности в 2,4 раза, в то же время в опыте отмечено их увеличение во столько же раз. Парастание общей численности водорослей в опыте продолжалось больше недели, снижение отмечено только в 18-м суткам.

Доминирующими видами в опыте по численности были *Chlorella vulgaris*, *Chlamidomonas* sp., субдоминирующими – синезеленые *Anabaena* sp., *Aphanizomenon flos-aquae*. В контроле по численности доминировали на протяжении всего опыта *Ankistrodesmus angustus*, *Ankistrodesmus acicularis*, субдоминировали: из синезеленых – *Aphanizomenon flos-aquae*, из диатомовых – *Cyclotella* sp.

Выедание корма после вселения личинок в опытный пруд не привело к значительному снижению биомассы и численности водорослей, уровень их оставался достаточно высоким до конца подращивания (82,92 млн. кл./л и 7,5 г/м³).

Введение в состав удобрений калия повлияло на развитие определенных водорослей – произошла перестройка фитоценоза; к моменту посадки личинок в опытном пруде доля мелкоклеточных (размером до 10 м – роды *Didymocystis*, *Chlorella*, *Crucigenia*, *Carteria*, *Merismopedia*, *Trachelomonas*) форм водорослей увеличилась до 54,1%; в контроле продолжали доминировать те же виды хлорококковых (из рода *Ankistrodesmus*). В течение первой недели после внесения удобрений численность хлорококковых водорослей мелких размеров в опыте была выше почти в 2 раза (11,7 против 6,4 млн. экз./л); средняя численность *Chlorella vulgaris* в опыте также значительно превышала значения в контроле (6,5 и 3,6 млн. экз./л).

Таким образом, в опыте более 8-ми суток наблюдается увеличение общей численности микроводорослей, несмотря на потребление интенсивно развивающейся коловраткой, что сочетается с данными по первичному продуцированию органического вещества. На 8-е сутки отмечено преобладание сине-зеленых водорослей в общей численности, в то время как зеленые выедались зоопланктерами (при доминировании ветвистоусых численностью 155,15 тыс. экз./м³). В контроле, напротив, первые 3-е суток отмечалось снижение численности альгоценоза, выедаемого ветвистоусыми, хотя первичное продуцирование имело тенденцию к небольшому увеличению.

Более показательной компонентой при выяснении роли калия на развитие кормовых организмов является численность кормовой части фитопланктона – мелкоклеточных форм водорослей. На рисунке 5 видно, что в начальный период величины численности кормового фитопланктона в контроле и в опыте были близкими, на 3-и сутки после внесения удобрений их преобладание в опыте было значительным (в 3 раза). Интенсивное развитие кормового зоопланктона в опытном пруду, использующих в пищу мелкие формы фитопланктона, привело на 8-е сутки и в дальнейшем к резкому снижению кормовой части фитоценоза. В контроле, напротив, с 3-их суток кормовая часть фитоценоза стабильно увеличивается на фоне невысокого развития кормовой фракции зоопланктона.

Для выяснения роли калия на структуру фитоценоза был определен показатель Симпсона. На рисунке 6 видно, что в контроле экологические условия для фитопланктона в начальный момент были менее благоприятными, на что указывает более высокое значение показателя Симпсона, преобладало небольшое количество видов. В опыте условия лучше. Внесение удобрений снизило этот показатель, как в опыте, так и в контроле, т.е. условия развития улучшились для многих видов, что снизило показатель доминирования. С 8-х суток в контролешло нарастание показателя значительно быстрее и его относительное увеличение к концу наблюдений также оказалось выше, чем в контроле. Колебания значений в опыте не

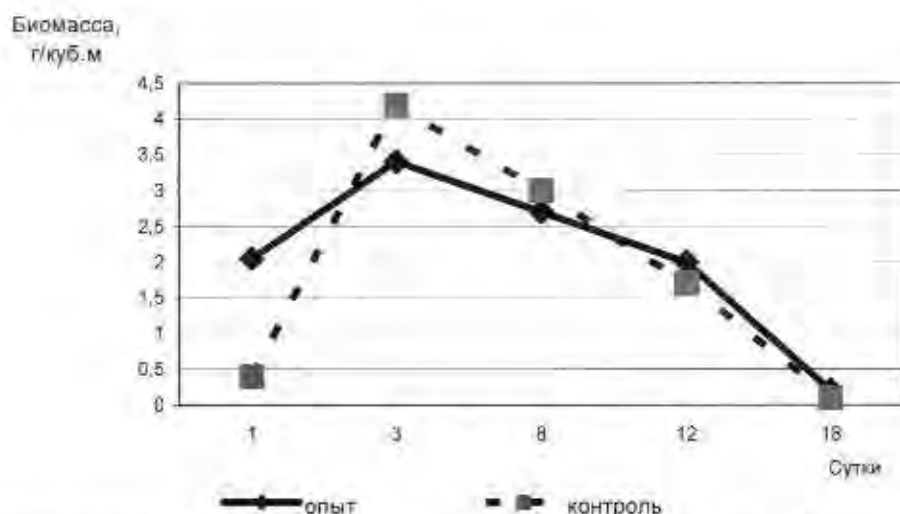


Рис. 7. Динамика общей биомассы зоопланктона прудов при разных способах удобрения.
Fig. 7. Dynamics of total zooplankton biomass in ponds at the different methods of intensification.

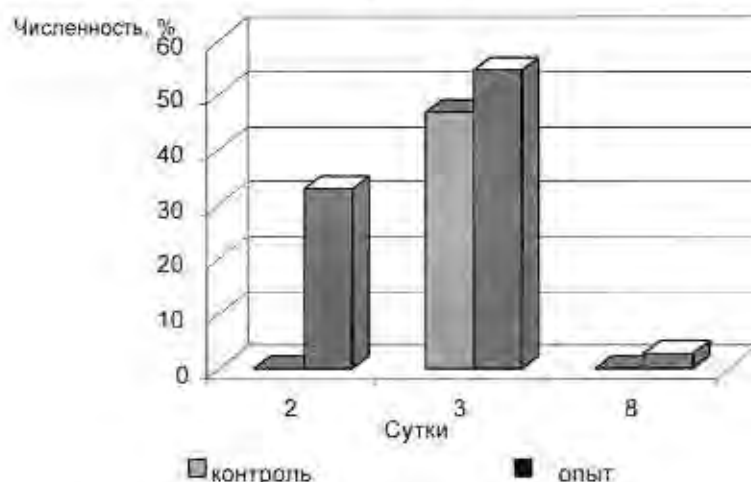


Рис. 8. Процентное содержание колесовиков в общей численности зоопланктона прудов при разных способах удобрения.
Fig. 8. Percentage share of Rotatoria in the total number of zooplankton communities from ponds treated differently.

Численность кормового зоопланктона в опыте к 8-м суткам также превосходила в 3 раза таковую в контроле (рис. 5), что и создало благоприятный фон для развития личинок в ответственный период подращивания и их выживаемость.

Более высокий уровень продуцирования зоопланктона в опытном варианте косвенно подтверждается индексами потребления корма личинками и расчетного количества зоопланктона, употребленного молодь при подращивании. Так, в начале сезона индекс потребления пищи личинками растительноядных рыб в опыте превосходил контрольный в 2,8 раза, составляя $913 \frac{\text{г}}{\text{мг}}$ в опыте и $325 \frac{\text{г}}{\text{мг}}$ в контроле, в середине эксперимента – индексы потребления корма снизились в обоих вариантах, но преобладание отмечено так же в опыте – в 2,8-4 раза. Суточная продукция зоопланктона, рассчитанная с учетом кормовых коэффициентов рачкового планктона в опыте превосходила контрольную в 2,6 раза.

Таким образом на протяжении всего опыта в варианте с применением калия отмечается более интенсивное развитие всего зооценоза и более длительное – ротаторно-клядоцерной его части.

Для оценки значения разных видов зоопланктонных сообществ в опыте и контроле был рассчитан показатель выравненности Пielу (рис. 9).

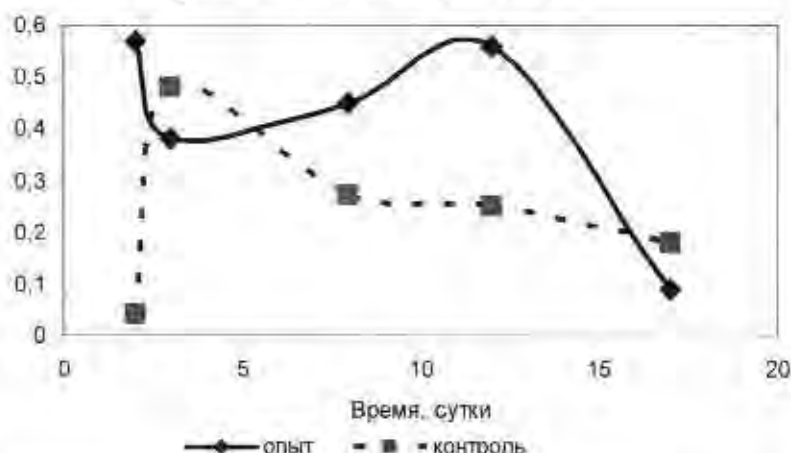


Рис. 9. Показатель выравненности Пielу зоопланктонных сообществ в опыте и контроле.

Fig. 9. Pielou index of evenness of zooplankton communities in the experiment and the control.

Из рисунка видно, что до внесения удобрений в опыте состояние зооценоза было более благоприятным, чем в контроле. Внесение в опытном варианте азота, фосфора и калия сместило первоначальное состояние зооценоза в сторону увеличения доминирования отдельных видов зоопланктеров – в данном случае – интенсивно начали развиваться коловратки, столь необходимые в процессе подращивания личинок рыб, причем, данный процесс произошел очень быстро. К 8-м и далее к 12-м суткам отмечено увеличение показателя выравненности Пielу, что характеризует равномерность развития видов в сообществе. К 18-м суткам отмечается его резкое снижение, вероятно за счет высокого пресса потребителей и природных сукцессионных процессов, характерных для прудовых систем. В это время отмечено наличие только 2 видов в зооценозе *Ch. sphaericus* и *Cyclops* sp.

В контроле напротив, внесение азота и фосфора привело к резкому увеличению числа развивающихся видов в сообществе (с 3 до 7), но на короткий промежуток времени. После чего наблюдалось постоянное снижение показателя выравненности Пielу, когда и сообществе снижалось число видов сначала до трех, затем до одного.

Рыбоводные результаты

Как видно из таблицы 3 площадь прудов, видовой состав выращиваемых рыб, плотности посадки личинок и длительность подращивания в опыте и контроле были одинаковы. Последняя составила для пестрого толстолобика – 24, белого – 21, белого амура – 17 суток. Выживаемость подращиваемых рыб в опыте составила 47,4%, что в 1,6 раза выше, чем в контроле. Значительные различия отмечены по массе молоди: по всем видам рыб масса тела в опыте превосходила контроль в 1,6-2,4 раза. Соответственно и рыбопродуктивность в опыте оказалась значительно выше: 62,4 и 19,4 кг/га, соответственно.

Таблица 3. Результаты подращивания растительноядных рыб.

Table 3. Results of on-growing of herbivorous fish.

Показатели	Опыт (NPK)	Контроль (NP)	Преобладание показателей в опыте относительно контроля
Площадь прудов, га	0,2	0,2	равно
Плотность посадки, тыс.шт./га			
белый толстолобик	$\pm 300,0$	$\pm 300,0$	равно
пестрый толстолобик	$\pm 100,0$	$\pm 100,0$	равно
белый амур	$\pm 10,0$	$\pm 10,0$	равно
Выживаемость, %	47,4	29,2	выше в 1,6 раза
Среднештучная масса молоди при посадке, мг			
белый толстолобик	7	7	равно
пестрый толстолобик	7	7	равно
белый амур	8	8	равно
Среднештучная масса подращенной молоди, г			
белый толстолобик	0,250	0,105	выше в 2,4 раза
пестрый толстолобик	0,680	0,416	выше в 1,6 раза
белый амур	0,620	0,284	выше в 2,2 раза
Срок выращивания, сутки			
белый толстолобик	21	21	равно
пестрый толстолобик	24	24	равно
белый амур	17	17	равно
Индексы потребления, % _{ср}			
в начале сезона	913	325	выше в 2,8 раза
в середине сезона	465 - 473	115 - 171	выше в 3,3 раза
Рыбопродуктивность, кг/га	62,4	19,4	} выше в 3,2 раза
кг/пруд	12,5	4,9	
Расчетное количество зоопланктона, потребовавшегося на рост молоди, кг	150	58,8	выше в 2,6 раза

Все вышеперечисленные данные, полученные при спуске и облове прудов по выживаемости, рыбопродуктивности и среднештучной массе еще более четко указывают на преимущества применения в качестве добавки к общепринятым минеральным удобрениям соединений калия в прудах ДЗРП.

ВЫВОДЫ

Поскольку прудовые биоцепозы Донского зонального рыбопитомника Ростовской области формируются на грунтах, грунтовых и речных водах с пониженным природным содержанием калия, то внесение в них калийных соединений, наряду с традиционными азотными и фосфорными:

- оказывает усиливающее влияние на процесс первичного продуцирования и величину валовой продукции в течение 2 недель: повообразование органического вещества планктонных водорослей в пруде при комплексном удобрении происходит в 1,5 раза интенсивнее по сравнению с прудом, в котором интенсификация проводилась только азотно-фосфорными удобрениями;

- избирательно влияет на формирование и количественное преобладание кормовой части фитопланктона, состоящей из мелкоклеточных форм (до 10 м):

– это в свою очередь благоприятно сказалось на формировании ротаторной части зоопланктоного сообщества в течение первых 6-ти суток после внесения комплекса удобрений и вселения личинок;

– отражается на расчетной величине продукции зоопланктона, использованного на рост молоди в опыте, которая оказалась в 2,6 раза выше, чем в контроле;

– сказывается на рыбоводных показателях: выживаемость молоди превысила контроль в 1,6 раза; среднесуточная масса всех 3-х видов – белого и пестрого толстолобиков и белого амура была выше в опыте (230, 680 и 620 мг против 105, 416 и 284 мг, соответственно в контроле); рыбопродуктивность опытного пруда оказалась в 3,5 раза выше, чем в контроле.

Таким образом, с учетом конечных результатов по рыбопродуктивности и величине навески мальков можно утверждать, что в опытном пруду при сочетании 3-х основных минеральных веществ – азота, фосфора и калия в компактном виде и доступной форме (аммиачной селитры, монофосфата калия и хлористого калия) сложились более благоприятные условия жизнеобеспечения для подращиваемых рыб, то есть введение калия создает необходимый эффект для развития фито- и зоопланктона как корма для рыб и позволяет целенаправленно формировать развитие гидробионтов в период перехода личинок на активное питание.

Проведенные в другом хозяйстве Ростовской области Повочеркасском опытно-показательном рыбокомбинате (НОПРК) исследования влияния калия для интенсификации естественной кормовой базы выростных прудов также показали преимущества его использования. Опыты отличались длительностью (6 месяцев) и составом выращиваемой молоди (кари и растительноядные), проводились в выростных прудах большей площади (19 и 15 га). Эффективность калийных удобрений отмечена: на формировании естественной кормовой базы – среднесезонная биомасса зоопланктона в опытном пруду более чем в 6 раз превосходила этот показатель в контроле (19,2 против 2,9 г/м³) и на рыбопродуктивности – в опытном пруду она оказалась в 2 раза выше.

На основании проведенных исследований были разработаны временные рекомендации по внесению калийных удобрений в выростные пруды НОПРК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агрохимия. Под ред. Ягодина. М.: Агропромиздат. 1989. С. 299-309.

Ариунзикина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.

Битехтина В.А., Труфанова З.А. Мероприятия по повышению жизнестойкости личинок растительноядных рыб // Мат. Всес. научн. конф. по направлению и интенсификации рыбоводства во внутр. водоемах Сев. Кавказа. Ростов-на-Дону, 1979. С. 36-37.

Винберг Г.Г. Современное состояние и задачи изучения первичной продукции водоемов. В кн.: Первичная продукция морей и внутренних вод. Минск: БГУ, 1961. С. 11-24.

Винберг Г.Г. Методы определения продукции водных животных. Минск: Высшая школа, 1968. С. 149-152.

Дворецкий В.Г. Основные подходы к оценке разнообразия сообществ зоопланктона Баренцева моря // Тез. докл. междунар. науч. конф. «Естественные и инвазийные процессы формирования биоразнообразия водных и наземных экосистем». Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2007. С. 103-105.

максимальные скорости течений не превышают 60-80 см/с. Исключением являются предустьевые районы, где скорости течений достигают 100 см/с и более. В этих районах решающую роль играют стоковые течения. Скорости стоковых течений в устьевых районах Дона и Кубани при выходе из гирл достигают 150-200 см/с.

Изучение направлений и скоростей течений Азовского моря в 2006 г. проведено в комплексных океанографических экспедициях АзПИИРХ в апреле и августе. В период проведения обеих экспедиций имело место существенное развитие ветровой деятельности. Скорость ветров переменных направлений изменялась от 1 до 10 м/с. Измерения направлений и скоростей течений с помощью прибора «Вектор-2» произведены на вертикалях 34-х станций, равномерно расположенных по акватории моря. Изучение скоростей течения производилось на трех горизонтах: поверхность, 5 м и придонный слой. Заданная частота импульса прибора составляла 30 сек., а продолжительность измерения в каждой точке – 5 мин. По осредненным данным измерений построены эпюры скоростей. В качестве примера на рисунке 2 представлены эпюры скоростей на станциях Азовского моря в апреле и августе. В каждой точке измерения представлена скорость и вектором указано направление.

Анализ вертикального распределения скоростей и направлений течений выявил, что в большинстве случаев максимальные скорости течений наблюдались в поверхностном горизонте. Однако примерно в 30% случаев зафиксирован рост скорости течения с глубиной. Это свидетельствует о том, что наряду с ветровыми течениями в поверхностном слое, отмечались противоположно направленные компенсационные течения на 5-метровом и придонном горизонтах.

По данным наших наблюдений, результирующее направление переноса воды в поверхностных слоях, в целом, совпадало с генеральной схемой течений по И.М. Книповичу, хотя на отдельных станциях, и в апреле (рис. 3), и в августе (рис. 4), отмечено отклонение направлений поверхностных течений, обусловленное особенностями ветрового режима.

Изменение скорости течения по вертикалям на стандартных станциях за период обследования происходило в диапазоне 1-60 см/с. Пространственное распределение скоростей течений по горизонтам в апреле и августе представлено на рисунках 5, 6, из которых видно, что в апреле в поверхностном горизонте (рис. 5) скорости течения изменялись в диапазоне от 1 до 22 см/с. В западной части и на севере собственно моря, а также в устьевой области р. Кубань, были зафиксированы скорости течения 6-11 см/с. Максимальные скорости течения (21 см/с) зафиксированы в наиболее узкой части Азовского моря – на западе Таганрогского залива. В центральной части моря скорость течения составляла 1-6 см/с. В 5-ти метровом горизонте размах колебания скоростных характеристик был несколько выше: от 1 до 24 см/с. В южной, восточной и центральной частях собственно моря отмечались невысокие скорости течения (до 3 см/с). Изотеха со значением 3,0 см/с пересекала практически все море (включая Таганрогский залив) с запада на восток. Изолинии скоростей течения, равных 6,0 см/с, проходили преимущественно вдоль северной прибрежной полосы собственно моря. Наибольшие скорости течения (до 23 см/с) были отмечены в точках, расположенных вблизи к Таганрогской устьи Азовского моря. В придонном горизонте пространственное распределение скоростей отличалось от наблюдений в поверхностном и 5-метровом горизонтах. Скорости течения у дна были значительно ниже: диапазон изменения скоростей составлял: 1-14 см/с. Скорости течения на севере собственно моря и в

Таганрогском заливе, за исключением некоторых районов, составляли 2 см/с. Водные потоки с максимальной скоростью течения от 6 до 14 см/с наблюдались в западной части моря. Линзы со скоростями 8 см/с были отмечены на северо-востоке собственно моря, в центре и на востоке Таганрогского залива.

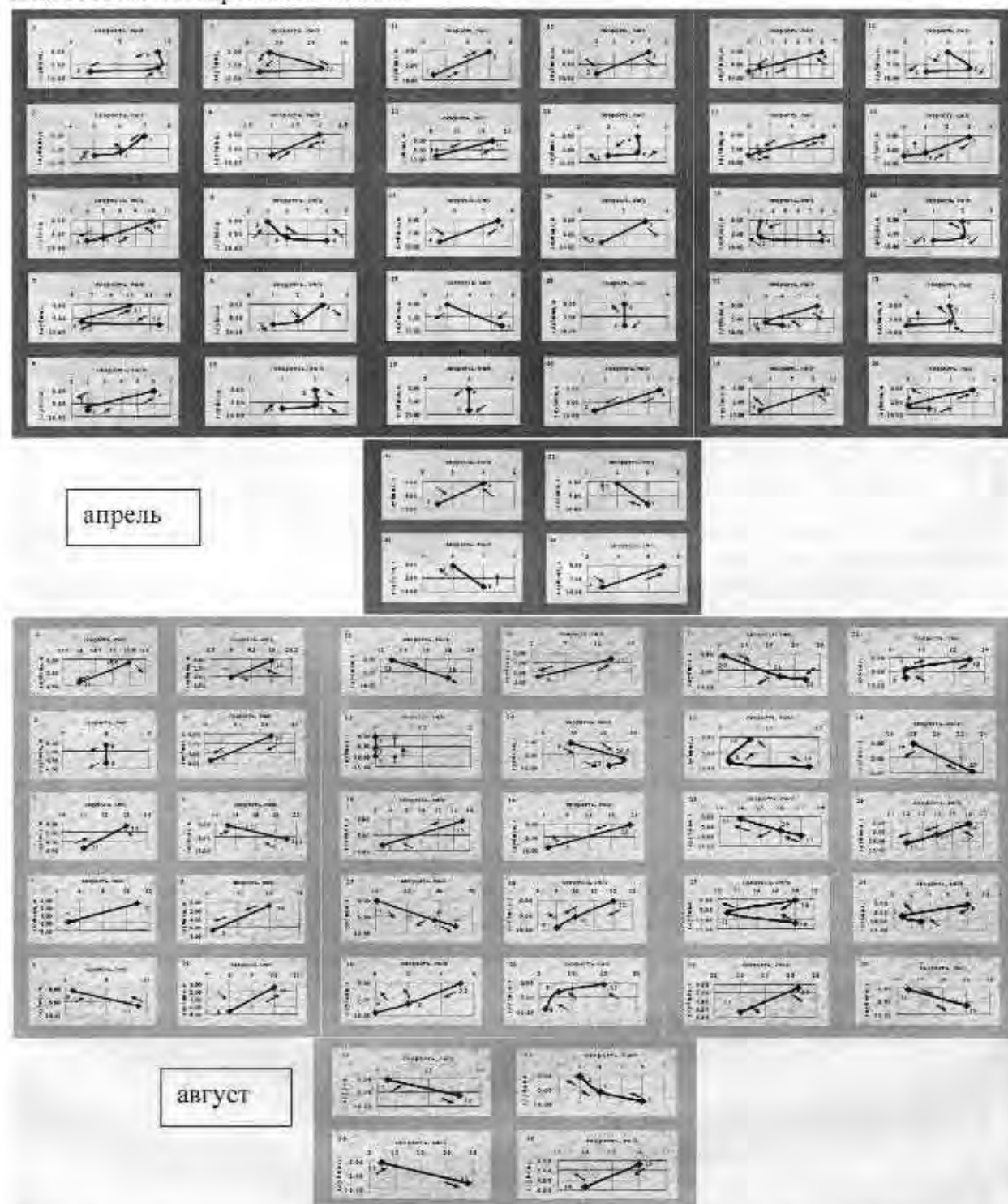


Рис. 2. Эпюры скоростей на вертикалях, по данным съемки Азовского моря в апреле и августе 2006 г.
Fig. 2. Vertical distribution of current velocity in the Azov Sea in July and August, 2006.

апрель 2006 - поверхность



Рис. 3. Пространственное распределение направлений и скоростей течений на поверхности Азовского моря в апреле 2006 г. (векторные значения).

Fig. 3. Spatial distribution of current directions and velocities on the Azov Sea surface in April, 2006 (vector values).

август 2006 - поверхность



Рис. 4. Пространственное распределение направлений и скоростей течений на поверхности Азовского моря в августе 2006 г. (векторные значения).

Fig. 4. Spatial distribution of current directions and velocities on the Azov Sea surface in August, 2006 (vector values).

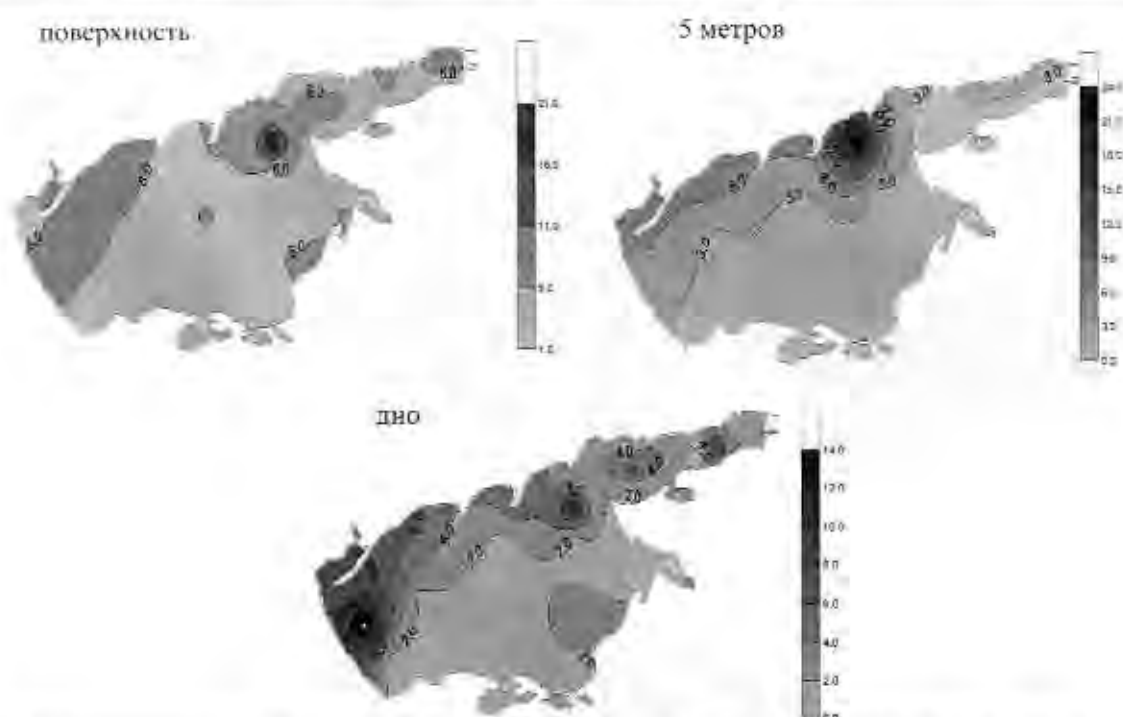


Рис. 5. Пространственное распределение скорости течения Азовского моря в апреле 2006 г.

Fig. 5. Spatial distribution of the Azov Sea current velocities in April, 2006 (vector values).

В августе (рис. 6) в поверхностном горизонте скорости течения изменялись от 1 до 25 см/с. Максимальные скорости течения (25 см/с) наблюдались в устьевой области р. Кубань и на севере собственно моря. В западной и восточной частях собственно моря скорости составили 5-10 см/с, а в центральной части моря и Таганрогском заливе возрастали до 15 см/с. В 5-ти метровом горизонте максимальная скорость течения достигала 47 см/с и была зафиксирована в Обиточном заливе. В центральной и западной частях собственно моря, скорости течений возрастали с юга на север от 1 до 45 см/с. В Таганрогском заливе скоростные характеристики не превышали 10 см/с. Придонный горизонт отличался наибольшим диапазоном изменения скоростей: от 1 до 60 см/с. Максимальные скорости течения, как и в 5-ти метровом срезе водной толщи, зафиксированы в Обиточном заливе. На северо-востоке собственно моря обнаруживался «очаг» повышенных скоростей течения (от 20 до 40 см/с). В направлении с севера на юг отмечалось снижение скоростей от 50 до 10-15 см/с. Самые низкие скорости перемещения водных масс (10-15 см/с) имели место в прибрежных районах на юге, востоке и западе.

Таким образом, в пространственном распределении скоростей течения выявлены следующие особенности: наиболее высокие скорости течений зафиксированы на западе Таганрогского залива, в устьевых областях р. Кубани, малых рек Северного и Восточного Приазовья. Наибольшая скорость течения отмечена в прибрежной зоне Бердянского залива в августе. В прибрежной зоне западной части моря, как правило, формировался режим скоростей с невысокими значениями.

В результате исследований установлено, что циркуляционное перемещение водных масс Азовского моря имело сложную структуру. Значительной изменчивостью в 2006 г. характеризовалось распределение скоростей течения не только по вертикали, но и в

пространстве всего моря. Под воздействием ветра и стоковых течений, наряду с последовательным снижением скоростей течения от поверхности ко дну, на отдельных участках моря присутствовало более сложное динамическое перемещение водных масс.

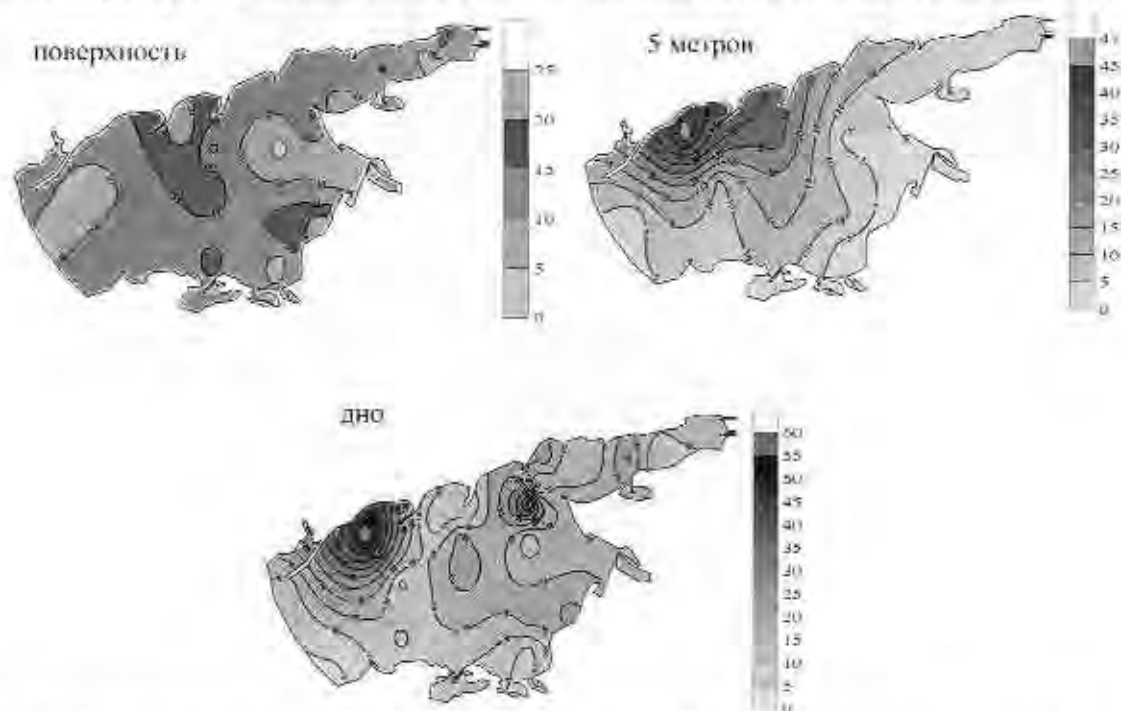


Рис. 6. Пространственное распределение скорости течения Азовского моря в августе 2006 г.

Fig. 6. Spatial distribution of the Azov Sea current velocities in August, 2006 (vector values).

Полученные новые данные по режиму течений Азовского моря являются пока результатом первого опыта использования в Азово-Черноморском бассейне прибора нового поколения «Вектор-2». Тем не менее, они позволяют пополнить базу данных по мониторингу гидрологических параметров, расширить круг представлений о динамических процессах, происходящих в трехмерном пространстве водной толщи, установить причинно-следственные связи в распределении океанографических характеристик, измеряемых в комплексе с течениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гидрометеорологический справочник Азовского моря. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 856 с.

Измеритель скорости и направления течений «Вектор-2». Руководство по эксплуатации 0199-200-000РУ, 2001. 27 с.

RESULTS OF THE STUDIES OF THE AZOV SEA CURRENT REGIME IN 2006 BY THE METER «VEKTOR-2» OF A NEW GENERATION

© 2008 y. S.V. Zhukova, V.M. Shishkin, A.P. Kuropatkin, L.A. Lutynskaya, I.F. Fomenko, T.I. Podmareva

Research Institute of the Azov Sea Fishery Problems, Rostov-on-Don

Specificities of the formation of the Azov Sea current regime have been considered based on the data collected during surveys of the 2006 with the help of a current velocity meter «Vektor» of a new generation. Results obtained during this study have been compared with retrospective data.