

Том 24, Номер 2

Март - Апрель 1997

ISSN 0321-0596

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Главный редактор
М.Г. Хубларян

Журнал освещает вопросы качества природных вод, состояние водных экосистем, комплексного использования вод суши и их взаимодействия с окружающей средой.

МАИК "НАУКА"



"НАУКА"

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ ВОДООХРАННОЙ ЗОНЫ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

© 1997 г. Н. П. Ахметьева, Е. Е. Лапина

*Институт водных проблем Российской академии наук
107078 Москва, ул. Новая Басманная, 10*

Поступила в редакцию 08.12.94 г.

Установлено, что качество грунтовых вод на территории водоохранной зоны Иваньковского водохранилища ухудшилось в связи с применением удобрений, содержание $N-NO_3$ и $N-NH_4$ в грунтовых водах нередко превышает ПДК. Отмечено, что качество напорных вод карбона – основного источника централизованного водоснабжения – остается хорошим, хотя содержание биогенных веществ и в них несколько повышается с годами.

На территории водоохранной зоны Иваньковского водохранилища контроль за качеством подземных вод осуществляется круглогодично по скважинам (рис. 1 и 2), расположенным в д. Видогищи (три скважины), на кордоне Огурцово (две скважины) и в г. Дубне (четыре скважины) сотрудниками гидрорежимной службы Геоцентра “Москва”. Здесь же круглогодично проводятся наблюдения за уровнем подземных вод. На территории Иваньковской НИС сотрудниками Института водных проблем РАН и в г. Конаково сотрудниками Горводоканала ведутся аналогичные наблюдения в течение последних 12 лет по сезонам года. Из скважин отбирают пробы воды не реже 4 раз в год, в которых определяют содержание Ca, Mg, Na, K, HCO_3 , SO_4 , Cl, Fe, NH_3 , NO_3 , NO_2 , PO_4 , общую минерализацию и pH.

Скважины на территории НИС в 9 км юго-западнее г. Конаково расположены на подтопленной террасе Волги на естественном неудобренном лугу. Вблизи скв. 3020 расположено поле, на которое ежегодно вносится комплексное минеральное удобрение (по 60 кг N, P, K на га) и периодически навоз (по 6–7 т/га). Скв. 3018 и 3019 находятся в зоне влияния водохранилища. Это влияние согласно [9] распространяется в глубь берега до 300 м.

Весной и периодически летом воды водохранилища подтапливают грунтовые, в результате чего формируется смешанный состав грунтовых вод (ГВ), который мало отличается от химического состава воды водохранилища. И лишь химический состав воды водохранилища в осенне-зимнее время отражает особенности формирования ГВ этой прибрежной зоны. Анализируя химический состав вод осенне-зимнего отбора, можно сделать некоторые выводы: ГВ из скв. 3018 и 3019 в настоящее время содержат до 0.6 мг $N-NO_3$ /л, а 12 лет назад $N-NO_3$ в воде не обнаруживался. Не

было 12 лет назад и $N-NO_2$ в воде, а в настоящее время его концентрация составляет 0.005–0.05 мг/л. Содержание $N-NH_4$ за этот период увеличилось до 0.55, $P_{\text{мин}}$ – до 0.45, а SO_4 – до 36 мг/л. Увеличение содержания $N-NO_2$, $N-NO_3$, $N-NH_4$, $P-PO_4$, SO_4 в воде свидетельствует о несомненном загрязнении, о привносе загрязняющих веществ в ГВ [2].

Удобряемые сельскохозяйственные поля расположены достаточно далеко от скважин (>250 м), поэтому здесь загрязнение ГВ связано скорее всего с общим загрязнением среды и с кислыми дождями, которые приносят в почву и ГВ вышеперечисленные компоненты. Результаты наблюдений указывают на значительные изменения химического состава дождя и снега за последние 12 лет. Дожди обычно имеют кислую реакцию (pH 4.6–6.7) и содержат SO_4 в 1.5 раза больше, чем HCO_3 . Практически во всех пробах присутствуют соединения азота и хлора. Такие осадки обладают повышенной способностью растворять биогенные вещества почвы и, таким образом, влиять на изменение химического состава ГВ [1].

В воде скв. 3020, расположенной вне зоны влияния водохранилища, рядом с удобряемым полем, обнаружены все биогенные вещества (соединения азота, фосфора и калия), а также повышенные концентрации Cl и SO_4 . Приведем формулу химического состава воды, отобранной летом 1991 г.:

$$M_{170} = \frac{Cl_{60}SO_{23}^4HCO_{17}^3}{Ca_{83}Mg_{10}(Na + K)_7}$$

В воде присутствуют: $N-NO_3$ (1.7), $N-NH_4$ (0.56), $N-NO_2$ (0.42) и $P-PO_4$ (0.05 мг/л). Содержание нитратов колеблется как по сезонам года, так и по годам. Максимальное его значение (20 мг/л) наблюдалось осенью 1986 и 1987 гг. В 1993 и 1994 гг. содержание $N-NO_3$ снизилось до 1.7 и 1.93 мг/л со-

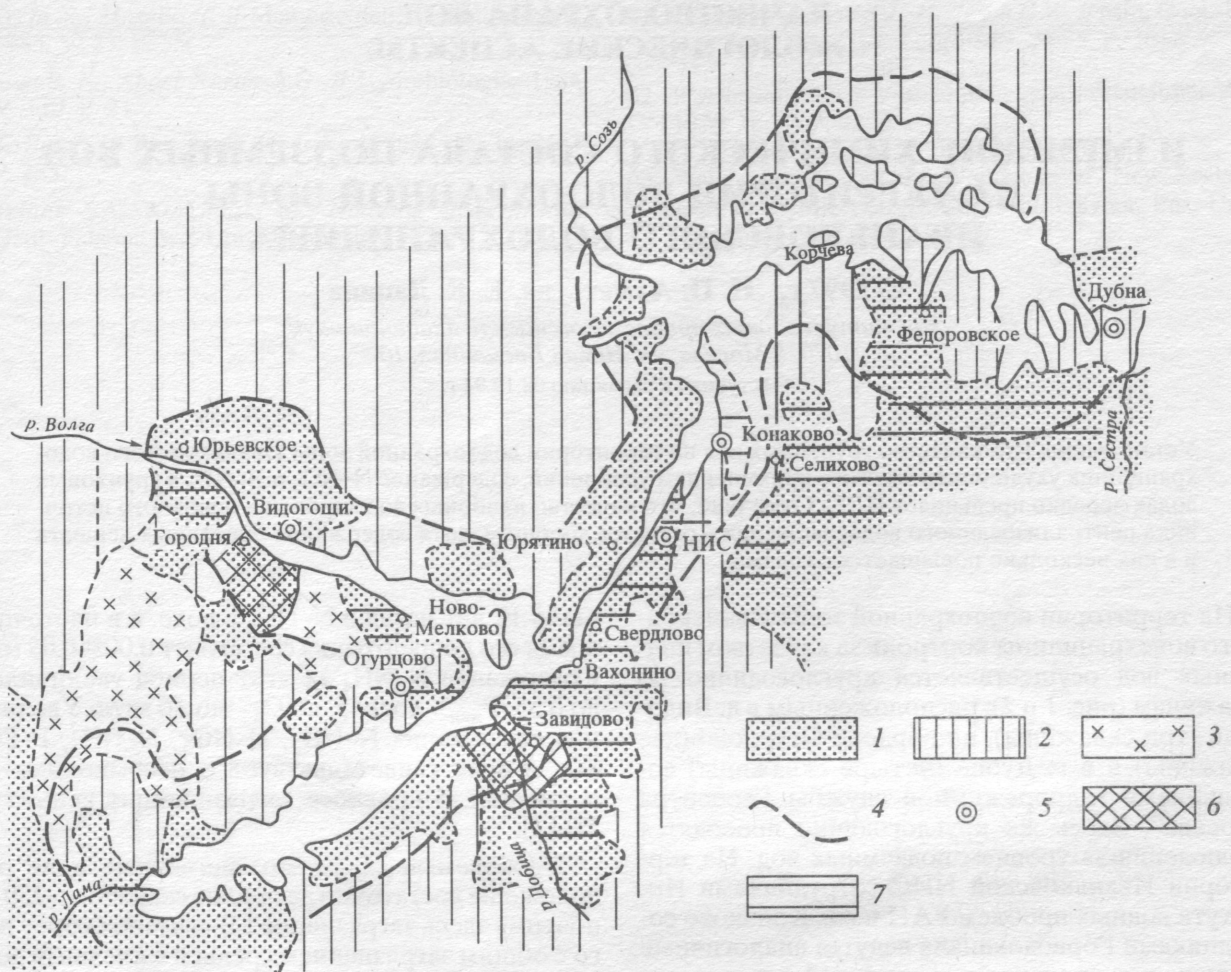


Рис. 1. Физико-географическая схема территории водоохранной зоны Иваньковского водохранилища и расположение наблюдательных скважин. 1 – поля, луга, пастбища; 2 – леса; 3 – болота; 4 – граница водоохранной зоны; 5 – наблюдательные скважины; 6 – участки, где ГВ загрязнены нитратами; 7 – участки, где ГВ содержат повышенное количество нитратов периодически.

ответственно в связи с резким сокращением внесения азотных удобрений.

Скв. А, расположенная около уреза водохранилища, вскрывает напорные воды известняков карбона, залегающие под 40-м толщей московской и днепровской морен. Анализ химического состава воды за десятилетний период свидетельствует о достаточно хорошей стабильности ее качества (рН 7.2–7.4, $N-NO_3$ 0.1–0.2, $N-NO_2$ 0.002–0.005, $N-NH_4$ 0.3–1.0, $P-PO_4$ 0.03–0.1 мг/л) и небольшом ее загрязнении биогенными веществами. Вода из скважины, используемая для водоснабжения НИС (водовмещающие породы – известняки карбона), также содержит $N-NO_3$ (0.02–0.1), $N-NH_4$ (до 0.3), $N-NO_2$ (до 0.01 мг/л), а $P-PO_4$ практически отсутствует. Интересно отметить, что водопродоводная вода в г. Конаково, доме отдыха “Карачарово” и близлежащих базах отдыха в радиусе до 10 км (эксплуатируют тот же водоносный горизонт) содержит $N-NO_3$ и $N-NH_4$

(0.1–0.3 и 0.5–1.72 мг/л соответственно). Содержание в воде скважин N^3 указывает на то, что на данном участке существует подток инфильтрационных поверхностных вод. Но он происходит в незначительном количестве (3–5%), что свидетельствует о не совсем надежном перекрытии моренными суглинками водоносного горизонта известняков карбона.

Как известно, водоупорные юрские глины залегают на исследуемой территории неравномерно (местами они отсутствуют, иногда их мощность крайне незначительна). Если в пробах воды, отобранных из отдельных скважин, содержание $N-NO_3$ не превышало 0.77, а концентрация $N-NH_4$ составляла 1.72 мг/л, то в воде, отобранной из водопроводной сети на юге Конаково и в с. Селихове, куда попадают уже смешанные воды ряда скважин, обнаружилось $N-NO_3$ до 7 мг/л. Это свидетельствует также о наличии гидрогеологических “окон”, служащих воротами для

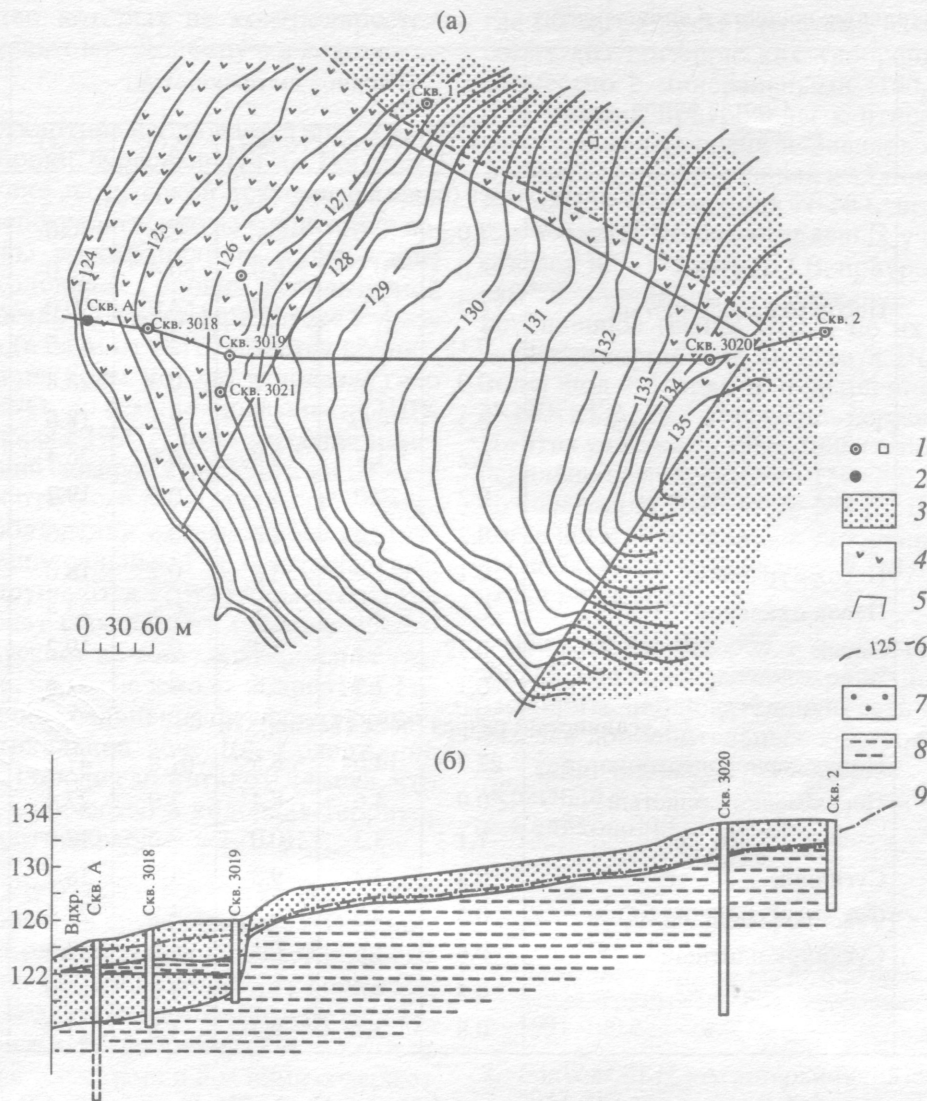


Рис. 2. Геолого-географическая схема участка, расположенного вблизи научно-исследовательской станции ИВП РАН (а) и разрез по линии скв. А-скв. 2 (б). 1 – скважина и колодец, вскрывшие ГВ; 2 – скважина, вскрывшая напарные воды карбона; 3 – поле; 4 – луг; 5 – территория НИС; 6 – горизонталь местности; 7 – пески; 8 – моренные суглинки; 9 – УГВ.

проникновения легкоподвижных элементов. Интенсивное внесение азотных удобрений может привести через 10–20 лет к загрязнению основного водоносного горизонта. Следует отметить, что в настоящее время не существует эффективных методов очистки воды от $N-NO_3$. Значит в случае загрязнения горизонта придется бурить новые скважины, целиком перестраивая систему водоснабжения.

Наблюдательные скважины в д. Видогощи, расположенные на террасе Волги, вскрывают ГВ на глубине 2.5–3.0 м. Вода в скважинах содержит в небольшом количестве $N-NO_2$ (до 0.02), $N-NO_3$ (до 0.65) и $P-PO_4$ (до 0.1 мг/л). Вблизи скважин нет сельскохозяйственных полей, территория при-

надлежит охотохозяйству. В связи с этим ГВ не подвержены интенсивной антропогенной нагрузке.

Скважины около д. Огурцово, расположенные на террасе р. Шоши, в месте ее впадения в Волгу, вскрывают ГВ на глубине 1.5–2.0 м. Эти воды содержат в небольшом количестве $N-NO_3$ (до 1), $N-NH_4$ (до 0.5) и $P-PO_4$ (до 0.1 мг/л). Вокруг скважин расположены луга и леса, сельскохозяйственные поля отсутствуют.

Скважины вблизи г. Дубны расположены на террасе Волги, вскрывают четвертичные песчаные отложения. Здесь качество ГВ, залегающих на глубине 2–3 м, удовлетворительное. В них отмечено небольшое количество биогенных веществ. Вблизи скважин нет сельскохозяйственных угодий.

Содержание питательных веществ в почвогрунтах

Глубина отбора образца, м	Состав пород	В водной вытяжке, мг/кг					В кислотной вытяжке, мг/кг	
		P-PO ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Песчаный разрез (поле пшеницы)								
0.1	Почва дерновоподзолистая	22.0	0.5	Сл.	Сл.	30.0	1087.0	108.0
0.2	То же	28.0	0.5	6.0	50.4	48.0	1345.0	144.0
0.4	Песок мелкозернистый	1.7	Сл.	7.0	64.0	30.0	332.1	94.4
0.5	То же	0.15	0.5	4.7	3.9	33.6	143.1	96.4
0.6	»	0.9	Сл.	4.2	0.3	28.8	400.8	78.0
0.8	»	0.3	Сл.	3.8	2.1	18.0	458.0	60.0
1.0	»	0.2	1.8	3.8	0.6	26.4	458.0	96.0
1.2	»	0.2	10.0	3.7	0.5	19.2	240.5	78.0
1.5	»	0.2	12.5	2.8	0.5	21.6	200.4	54.0
1.8	Песок с гравием	0.1	1.4	3.8	0.2	18.0	183.2	66.0
2.2	Песок с галькой	Сл.	2.7	3.8	Сл.	23.4	114.5	78.0
2.4	Песок	0.12	2.3	2.4	0.3	19.2	85.9	62.4
2.6	»	0.1	7.5	5.6	0.2	21.6	74.4	60.0
Суглинистый разрез (поле свеклы)								
0.2	Почва дерновоподзолистая	27.7	14.0	6.5	61.8	47.2	1202.0	151.3
0.4	Песок мелкозернистый	0.9	4.6	8.4	1.9	22.4	94.5	72.6
0.6	То же	1.1	3.3	10.0	2.6	12.1	114.5	48.4
0.8	Суглинок	0.8	3.3	9.3	1.7	18.2	94.5	84.7
1.0	Суглинок со щебнем	0.5	3.3	16.5	1.2	22.4	200.4	145.5
1.2	Суглинок плотный	0.6	4.6	6.5	1.3	18.2	269.1	121.0
1.6	То же	0.5	4.6	15.0	1.2	19.9	343.5	114.9
1.9	»	0.8	3.7	9.3	1.8	21.8	543.9	108.9

Исследования, проведенные на территории всей водоохранной зоны Ивановского водохранилища, показали, что наиболее загрязнены ГВ на территории птицефабрики "Завидово". Здесь применяют в качестве удобрений птичий помет (до 80 т/га). При неглубоком залегании ГВ (< 3 м) и песчаном строении зоны аэрации под удобряемыми полями формируются ГВ с очень высоким содержанием N-NO₃ и N-NH₄ (свыше ПДК). Так, в ГВ, отобранной под полем пшеницы на глубине 2.6 м, в аллювиальных песках, содержались N-NO₃ (157.5), N-NO₂ (0.58), P-PO₄ (0.14), K (90 мг/л). На другом близлежащем поле, засеянном свеклой, на глубине 2.7 м в аллювиальных песках были вскрыты ГВ с содержанием N-NO₃ (16.3–20.0 мг/л), а на поле с двухслойным строением отложений (сверху находились пески мощностью 0.8–0.9 м, глубже – моренные суглинки) в ГВ на глубине 1.7 м содержалось 35 мг/л N-NO₃.

Интересно проследить изменение содержания биогенных веществ по разрезу почвогрунтов до уровня грунтовых вод (УГВ) под полем свеклы, удобренным куриным пометом (50 т/га) (табли-

ца). Здесь УГВ залегает на глубине 1.7 м, в воде содержатся N-NO₃ (35.0), N-NH₄ (0.56) и P-PO₄ (0.03 мг/л). Из таблицы видно, что биогенные вещества не экранируются суглинками, залегающими на глубине 0.8 м. Они относительно равномерно проникают в глубь пород и достигают ГВ.

В случае однородного песчаного строения зоны аэрации биогенные вещества еще более свободно проникают в глубь разреза и достигают ГВ. В таблице приведено содержание биогенных веществ по песчаному разрезу пород до УГВ (2.6 м). Видно, что N-NO₃ свободно мигрирует по зоне аэрации со скоростью 1.5 м за три месяца (удобрения вносились в конце апреля, образцы отбирались 22.07.1991). Соединения фосфора убывают с глубиной значительно, однако и они обнаруживаются в нижней части разреза и, следовательно, поступают в ГВ. Содержание K с глубиной убывает незначительно, K легко достигает ГВ. Таким образом, на территории птицефабрики "Завидово", где на поля вносят органические (30–80 т/га) и минеральные (150–180 кг/га N, P, K) удобрения, практически повсеместно происходит загрязне-

ние ГВ, качество которых не контролируется. Эти воды поступают в р. Дойбицу и в водохранилище.

Аналогичная картина наблюдается и на территории птицефабрики "Красный луч" (с. Городня). Село расположено на высокой террасе правого берега Волги, непосредственно на территории водоохранной зоны водохранилища. Содержание $N-NO_3$ в воде колодца с. Городня, используемой для питья, достигало 34.1 мг/л. При спуске к урезу водохранилища (в 30 м от него) имеется родник, химический анализ воды которого показал, что содержание $N-NO_3$ в нем не превышает ПДК (3.35 мг/л). Начиная с 1990 г. дозы внесения минеральных удобрений снизились (до 35 кг/га в 1994 г.), а дозы внесения птичьего помета остались прежними. При несоблюдении оптимального соотношения между минеральными и органическими удобрениями нарушаются структурные свойства почвы. Она теряет способность биологического фильтра и пропускает не только соединения азота, но и фосфора, что отмечено на полигоне с. Городня, хотя обычно соединения фосфора остаются в 60-см вертикальной зоне [6]. Содержание $P_{\text{общ}}$ в колодце с. Городня достигало 0.44 мг/л, что превышает его количество в колодцах территорий вне влияния птицефабрик в 2–10 раз.

Загрязнение ГВ отмечается также под теплицами в с. Селихово и на других участках. В теплицах создается искусственный грунт, состоящий из торфа, опилок и навоза. Его мощность достигает 0.8 м, 1 раз в 3–4 года он меняется. В грунт вносятся мелко-минеральные удобрения (2 тыс. кг/га за сезон). ГВ рядом с теплицами и под ними содержат $N-NH_4$ (до 23), $P-PO_4$ (до 3.8), $N-NO_3$ (до 1.5 мг/л), что обусловлено щелочной реакцией воды.

Повышенное содержание азота в ГВ было обнаружено в охотохозяйстве Корчева, деревнях Огурцово, Вахонино, Старо-Мелково, на садовых участках. Можно рекомендовать жителям деревень и владельцам садово-огородных участков либо использовать для питья воду из колодцев, расположенных не на самих участках, а поблизости от них, либо углублять имеющиеся скважины. Это подтверждает такой пример: в д. Огурцово, в скважине, пробуренной на огороде, в воде содержалось 17.0 мг $NB-NO_3$ /л, а в воде колодца, расположенного на улице в 15 м от скважины, содержалось <1 мг $N-NO_3$ /л.

Таким образом, в результате 12-летних исследований водоохранной зоны выделены участки,

где ГВ загрязнены нитратами из-за внесения высоких доз органических удобрений (до 80 т/га) совместно с минеральными (150–180 кг/га) [3]. Эти участки приурочены к птицеводческим хозяйствам сел Городня и Завидово (рис. 1) [4, 5]. Здесь в ГВ, приуроченных к аллювиальным отложениям, концентрация $N-NO_3$ практически всегда выше ПДК. На отдельных участках она достигает 100–150 мг/л. В ГВ, приуроченных к супесям и суглинкам, содержание $N-NO_3$ также повышенное (выше ПДК), но их максимальное значение составляет 30–35 мг/л. Выделены также поля, под которыми повышенное количество $N-NO_3$ в ГВ отмечается лишь периодически (рис. 1). На этих участках в 1986–1989 гг. при внесении минеральных удобрений по 150–200 кг/га ГВ обычно содержали 7–15 мг $N-NO_3$ /л. В 1991–1993 гг., когда дозы минеральных удобрений были снижены до 60 кг/га, содержание $N-NO_3$ стало практически ниже ПДК.

По мнению авторов, в пределах водоохранной зоны Ивановского водохранилища необходимо расширить наблюдательную сеть скважин, организовав дополнительный контроль качества ГВ на территориях птицефабрик "Завидово" и "Красный луч", а также в Конаковском совхозе (с. Селихово) [7, 8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ахметьева Н.П., Лола М.В., Горецкая А.Г.* Загрязнение грунтовых вод удобрениями. М.: Наука, 1991. 100 с.
2. *Башкин В.Н.* Агрогеохимия азота. М.: Наука, 1987. 287 с.
3. *Лола М.В.* // Агрохимия. 1984. № 6. С. 69.
4. *Лола М.В., Ахметьева Н.П., Медовар Ю.А.* // Вод. ресурсы. 1984. № 3. С. 68.
5. *Лола М.В., Ахметьева Н.П., Григорьев В.Т., Ляхтюк Р.А.* // Вод. ресурсы. 1988. № 6. С. 108.
6. *Небел Б.* Наука об окружающей среде. М.: Мир, 1993. Т. 1. 424 с.
7. *Правила охраны и рационального использования гидробиологических и других природных ресурсов Ивановского водохранилища на р. Волга.* М.: Гидропроект, 1980. 29 с.
8. *Природа и хозяйство Калининской области.* Калинин, 1960. 654 с.
9. *Medovar Ju., Akhmetieva N.* // Environ. Geol. 1984. № 4. P. 219.