

УДК 504.61:556.388

## ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРЕСНЫХ ВОД НАДЫМ-ПУРСКОЙ И ПУР-ТАЗОВСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ПРОВИНЦИЙ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА В СВЯЗИ С ИНТЕНСИВНОЙ РАЗРАБОТКОЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

© 2018 г. А. А. Ястребов<sup>1</sup>, Ю. К. Иванов<sup>2</sup><sup>1</sup>Институт геоэкологии РАН, 101000, г. Москва, Уланский пер., д. 13, стр. 2, e-mail: yaa-80@mail.ru<sup>2</sup>Институт геологии и геохимии УрО РАН, 620016, г. Екатеринбург, ул. Акад. Вонсовского, 15, e-mail: ivanovuk@igg.uran.ru

Поступила в редакцию 01.02.2017 г.; принята к печати 27.03.2017 г.

За последние годы все большее значение приобретает проблема рационального использования и охраны водных ресурсов страны. Это связано с недостаточными запасами подземных и поверхностных вод, их истощением, техническим прогрессом и расширяющимся влиянием хозяйственной деятельности человека. Рост городов, промышленности, увеличение водопотребления для разных хозяйственных нужд существенно изменяют водные режимы на поверхности, в почвах и горных породах. Северная часть Западно-Сибирского артезианского мегабассейна (ЗСАМБ) располагается на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО). В настоящее время округ является интенсивно развивающимся регионом РФ. Здесь ведется добыча нефти и газа, располагаются крупные транспортные коммуникации и селитебные территории. Округ отличается экстремальными ландшафтно-климатическими и геоэкологическими условиями, определяющими характер развития опасных природных процессов, взаимодействия поверхностных и подземных вод и миграции загрязняющих веществ. Усиливающееся в результате нефтегазодобычи антропогенное воздействие на пресные подземные воды ЗСАМБ и увеличение селитебной нагрузки на осваиваемых территориях требуют углубленного изучения региональной гидродинамики верхнего эоцен-четвертичного гидрогеологического комплекса. В статье приводятся расчеты массопотоков главных элементов-загрязнителей в подземных водах и дан предварительный прогноз возможного изменения качества пресных вод под действием антропогенного фактора.

**Ключевые слова:** геоэкология, поверхностные и подземные воды, техногенез, массопотоки

## HYDROGEOECOLOGICAL ESTIMATION OF THE FRESH WATERS STATE OF THE NADYM-PURSK AND PUR-TAZ OIL AND GAS PROVINCES OF THE YAMAL-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT IN CONNECTION WITH INTENSIVE MINING OF HYDROCARBON DEPOSITS

Aleksei A. Yastrebov<sup>1</sup>, Yurii K. Ivanov<sup>2</sup><sup>1</sup>E.M. Sergeev Institute of Environmental Geoscience of the Russian Academy of Sciences, 13(2), Ulanskii line, Moscow, 101000, Russia, e-mail: yaa-80@mail.ru<sup>2</sup>A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry Urals Branch of RAS, 15 Akad. Vonsovsky st., Ekaterinburg, 62016, Russia, e-mail: ivanovuk@igg.uran.ru

Received 01.02.2017; accepted 27.03.2017

In recent years the problem of rational use and protection of the country's groundwater resources has become increasingly important. This is due to want of reserves of groundwater and surface water, their depletion with technological progress and the ever increasing influence of human economic activity. The growth of cities, industry, expansion of water consumption for various economic needs significantly change the water balance regimes on the surface, in soils and rocks. The northern part of the West Siberian Artesian Megabasin (WSAMB) is located on the territory of the Yamal-Nenets Autonomous District (YNAD). Now the district is an intensively developing region of the Russian Federation. Here, oil and gas are extracted, large transport communications and residential areas are located. The district is characterized by extreme landscape, climatic and geoecological conditions that determine the nature of development of dangerous natural processes, the interaction of surface and groundwater and the migration of pollutants. The anthropogenic impact on the fresh groundwater of WSAMB and the increase in the residential load in the developed territories, which is intensified as a result of oil and gas production,

**Для цитирования:** Ястребов А.А., Иванов Ю.К. (2018) Гидрогеоэкологическая оценка состояния пресных вод Надым-Пурской и Пур-Тазовской нефтегазоносных провинций Ямало-Ненецкого автономного округа в связи с интенсивной разработкой месторождений углеводородов. *Литосфера*, **18**(1), 140-144. DOI: 10.24930/1681-9004-2018-18-1-140-144

**For citation:** Yastrebov A.A., Ivanov Yu.K. (2018) Hydrogeoecological estimation of the fresh waters state of the Nadym-Pursk and Pur-Taz oil and gas provinces of the Yamal-Nenets Autonomous District in connection with intensive mining of hydrocarbon deposits. *Litosfera*, **18**(1), 140-144. DOI: 10.24930/1681-9004-2018-18-1-140-144

requires an in-depth study of the regional hydrodynamics of the Upper Eocene Quaternary hydro-geological complex. The article provides calculations of mass flows of the main pollutants in groundwater and provides a preliminary forecast of the possible change in the quality of fresh water under the influence of anthropogenic factor.

**Keywords:** *Geoecology, surface and groundwater, technogenesis, mass flows*

**Acknowledgments**

*The work was carried out within the framework of the State task on the topic of research Institute of Geology and Geochemistry Urals Branch of RAS № 0393-2018-0031.*

В настоящее время загрязнение окружающей среды является важнейшей геоэкологической проблемой, особенно в районах с интенсивной разработкой месторождений углеводородов, к которым принадлежит Ямало-Ненецкий автономный округ. Здесь среди основных источников техногенного воздействия на гидросферу можно выделить доминирующий “промышленный” техногенез, обусловленный добычей нефти и газа, наибольшему загрязнению при этом подвержены пресные воды Надым-Пурской и Пур-Тазовской нефтегазоносных провинций, являющихся главными районами нефтегазодобычи.

По результатам многолетних региональных исследований в местах добычи, переработки, хранения и транспортировки нефти и нефтепродуктов в исследуемом районе выявлены многочисленные локальные участки загрязнения компонентов природной среды, включая поверхностные и подземные воды. Основными наиболее распространенными и опасными веществами-загрязнителями выступают жидкие и газообразные углеводороды (нефтепродукты, фенолы и метан) и вещества, используемые при нефтедобыче (диэтиленгликоль и метанол). При этом ряд компонентов нефти даже при очень малой концентрации обладает токсичным воздействием на живые организмы и пресные воды.

В экстремально климатических и ландшафтных условиях, где расположен район исследования, подземные и поверхностные воды имеют тесную взаимосвязь и являются основным наиболее динамичным фактором, определяющим характер и особенности фильтрации и миграции загрязняющих веществ. Наряду с нефтью и газом пресные подземные воды играют огромную роль в ресурсной обеспеченности округа, служат единственным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения. В результате оказываемого на них техногенного влияния они испытывают существенное негативное воздействие, которое может вызвать необратимое загрязнение и истощение ресурсов питьевых вод.

В гидрогеологическом отношении исследуемый район входит в состав Западно-Сибирского сложного артезианского мегабассейна пластовых напорных и безнапорных вод. В вертикальном разрезе бассейна выделяют кайнозойско-меловую систему бассейнов стока (верхний гидрогеологический этаж), мезозойский и палеозойский гидрогеологические бассейны (нижний гидрогеологический этаж).

Большое значение для хозяйственно-питьевого водоснабжения округа имеют пресные подземные воды верхнего гидрогеологического этажа эоцен-четвертичного водоносного комплекса, который отделен от нижележащих подземных вод мезозойских и палеозойских отложений водоупорным турон-эоценовым комплексом. Значительное влияние на формирование, распространение, количество и качество подземных вод оказывают геокриологические условия, сформированные в олигоцен-четвертичное время [Иванов и др., 2008]. Эоцен-четвертичный водоносный комплекс приурочен главным образом к над- и межмерзлотным водам, в связи с чем их химический состав обладает отличительной природной особенностью – низкой (ультрапресной) минерализацией, редко превышающей 100 мг/л (табл. 1). Отмечается весьма невысокая концентрация основных солеобразующих компонентов, таких как кальций (от 1.0 до 50.0 мг/дм<sup>3</sup>) и магний (от 1.0 до 40.0), при высоком содержании ионов железа (до 6.0 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК = 0.3), марганца (до 1.0 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК (пре-

**Таблица 1.** Обобщенный химический состав подземных вод эоцен-четвертичного водоносного комплекса

**Table 1.** Generalized chemical composition of Eocene-Quaternary aquifer complex groundwater

| Компонент                         | Надмерзлотные талики (таликовый, криогенно-таликовый комплекс), мг/дм <sup>3</sup> | Межмерзлотные воды, мг/дм <sup>3</sup> |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Na <sup>+</sup>                   | 11.80                                                                              | 2.60                                   |
| K <sup>+</sup>                    | 7.40                                                                               | 0.70                                   |
| NH <sub>4</sub> <sup>-</sup>      | 3.40                                                                               | 0.20                                   |
| Ca <sup>2+</sup>                  | 21.20                                                                              | 8.30                                   |
| Mg <sup>2+</sup>                  | 5.80                                                                               | 3.95                                   |
| Fe <sup>3+</sup>                  | 0.40                                                                               | 2.20                                   |
| Mn                                | 0.17                                                                               | 0.40                                   |
| Cl <sup>-</sup>                   | 11.60                                                                              | 3.50                                   |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>     | 9.47                                                                               | 2.10                                   |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>      | 29.30                                                                              | 0.00                                   |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>      | 0.13                                                                               | 0.00                                   |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>     | 21.40                                                                              | 30.50                                  |
| pH                                | 6.02                                                                               | 6.20                                   |
| Минерализация                     | 98.00                                                                              | 68.00                                  |
| Окисляемость мг O <sub>2</sub> /л | 4.10                                                                               | 4.00                                   |
| Жесткость (общая) °Ж              | 0.77                                                                               | 0.26                                   |

дельно допустимая концентрация) = 0.1) и кремнекислоты (до 40.0 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК = 10.0).

Таким образом, даже незначительное попадание контаминантов в подземную гидросферу способно существенно изменить и ухудшить качество питьевых подземных вод. Возрастающее потребление воды при пространственной изменчивости качества и количества подземных вод продуктивного эоцен-четвертичного водоносного комплекса обуславливает снижение запасов питьевых подземных вод района.

По опубликованным данным ежегодно на территории севера Западной Сибири случается около 200 аварий на региональных и внутрипромысловых трубопроводах, обусловленных в первую очередь изношенностью, а также ошибочными проектными решениями по добыче, транспортировке и т. д. Значительную опасность для окружающей природной среды представляют систематические не очень крупные разливы нефти, так как они встречаются в исследуемом районе достаточно часто и могут носить продолжительный характер. В связи с этим потери нефти и нефтепродуктов в среднем составляют, по официальным данным, около 2% от нефтедобычи. Примерно половина этой массы попадает в поверхностные воды, другая остается на земной поверхности, загрязняя почвы, грунты зоны аэрации и подземные воды. Постепенно мигрируя, нефтяное загрязнение распространяется на территории, превышающие площадь первичного загрязнения. На некоторых участках поверхность накопила большое количество нефти – до 10 г на 100 г грунта. При этом концентрация нефтепродуктов в воде может существенно снижаться в результате процессов испарения, сорбции, биохимического и химического окисления.

Практически на всех питьевых и промышленных водозаборах исследуемой территории отмечается техногенное влияние нефтегазового комплекса на пресные подземные воды, но концентрация загрязняющих веществ в них значительно ниже, чем в поверхностных водах. Следует отметить неравномерность загрязнения территории нефтепродуктами, обусловленную как особенностью региональной динамики эоцен-четвертичного водоносного комплекса [Ястребов, 2009], так и характером распределения утечек и проливов по объемам, интенсивности, срокам возникновения и продолжительности.

В ходе исследований рассчитаны бассейны интенсивного стока (элементарные участки) [Ястребов, Иванов, 2008; Ястребов, 2009], внутри которых происходят питание и разгрузка подземных вод, а также определены сроки водообмена для подбассейнов стока рассматриваемой территории [Ястребов, Иванов, 2008]. Результаты расчетов позволяют говорить о быстром выносе загрязнителей из эоцен-четвертичного водоносного комплекса в

поверхностные водные объекты и низкой степени естественной очистки самих подземных вод. Данные утверждения подтверждены также геоэкологическими исследованиями, проведенными в долинах рек центральной части ЯНАО, где в большинстве случаев в подземных водах не выявлены превышения фоновых значений индикаторов нефтедобычи (хлора, нефтепродуктов). За небольшой промежуток времени происходит разгрузка подземных вод в речную сеть и их значения возвращаются к фоновым показателям (0.1–0.2 мг/дм<sup>3</sup> по хлору и 0.01–0.02 мг/дм<sup>3</sup> по нефтепродуктам). Важно отметить, что быстрый вынос контаминантов из подземных вод приводит к превалированию процессов загрязнения поверхностных водотоков.

В целом по результатам многолетнего регионального опробования исследуемого района качество подземных вод эоцен-четвертичного водоносного комплекса по основным компонентам соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074–01 “Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества” [2002] за исключением природного превышения предельно допустимых концентраций железа, марганца и кремнекислоты.

На состав поверхностных вод, как и подземных, большое влияние оказывает наличие и распространение многолетнемерзлых пород. В таких условиях формируются речные воды малой минерализации (не более 200 мг/л), гидрокарбонатного натриевого состава, со значительным количеством органических веществ. Общая жесткость находится в пределах от 0.15 до 0.40 мг-экв/дм<sup>3</sup>, что характеризует воды как очень мягкие. По величине активной реакции рН они классифицируются как слабокислые, нейтральные (рН 6.7–7.0). Среднее содержание наиболее распространенных загрязняющих веществ в основных реках изучаемой территории приведено в табл. 2.

По всему району исследования речные воды загрязнены нефтепродуктами, фенолами, соединениями меди, цинка, марганца и железа. Превышение предельно допустимой концентрации для рыбохозяйственных водоемов по нефтепродуктам составляет до 9.0 ПДК, фенолу – до 6.0. На протяжении многих лет значительные загрязнения отмечали по марганцу – 59.6 и 63.7 ПДК на р. Надым, а в период “зимней межени” и весеннего половодья – до 109.0 ПДК на р. Таз и до 64.4 ПДК на р. Пяку-Пур. Высокое содержание железа в большей степени обусловлено природным фактором. Необходимо отметить, что, по данным Государственного учреждения “Ресурсы Ямала”, за последние 30 лет средняя концентрация нефтяных углеводородов в воде ручьев и рек возросла примерно в 20 раз (с 0.21 до 3.90 мг/дм<sup>3</sup>).

Индикатором нефтяного загрязнения являются также донные речные отложения. Присутствие

**Таблица 2.** Среднее содержание и вынос массопотоков загрязняющих веществ по основным рекам исследуемого района

**Table 2.** The average content and stem mass fluxes of pollutants of the main rivers

| Водный объект (река)               | Пункт контроля | Расход, м <sup>3</sup> /с | Содержание, мг/дм <sup>3</sup> |               |                   |                  |                  |       | Массопотоки, ×10 <sup>3</sup> т/год |               |                   |                  |                  |       |
|------------------------------------|----------------|---------------------------|--------------------------------|---------------|-------------------|------------------|------------------|-------|-------------------------------------|---------------|-------------------|------------------|------------------|-------|
|                                    |                |                           | Фенолы                         | Нефтепродукты | Fe <sub>общ</sub> | Cu <sup>2+</sup> | Zn <sup>2+</sup> | Mn    | Фенолы                              | Нефтепродукты | Fe <sub>общ</sub> | Cu <sup>2+</sup> | Zn <sup>2+</sup> | Mn    |
| ПДК по СанПиН 2.1.4.1074–01        |                |                           | 0.2500                         | 0.100         | 0.30              | 1.000            | 1.000            | 0.100 |                                     |               |                   |                  |                  |       |
| ПДК для рыбохозяйственных водоемов |                |                           | 0.0010                         | 0.050         | 0.10              | 0.001            | 0.010            | 0.010 |                                     |               |                   |                  |                  |       |
| Надым                              | Надым          | 450                       | 0.0045                         | 0.285         | 2.60              | <0.001           | 0.032            | 0.385 | 0.063                               | 4.04          | 36.89             | 0.014            | 0.45             | 5.46  |
| Ныда                               | Ныда           | 70                        | 0.0013                         | 0.340         | 1.80              | <0.001           | 0.159            | –*    | 0.003                               | 0.75          | 3.97              | 0.002            | 0.35             | –     |
| Правая Хетта                       | Пангоды        | 105                       | 0.0019                         | 0.370         | 1.80              | <0.001           | 0.060            | –*    | 0.006                               | 1.22          | 5.96              | 0.003            | 0.19             | –     |
|                                    | Пур            |                           |                                |               |                   |                  |                  |       |                                     |               |                   |                  |                  |       |
|                                    | Тарко-Сале     | 560                       | 0.0050                         | 0.300         | 1.10              | <0.001           | 0.050            | –*    | 0.088                               | 5.29          | 19.42             | 0.017            | 0.88             | –     |
|                                    | Уренгой        | 785                       | 0.0024                         | 0.335         | 2.38              | <0.001           | 0.030            | 0.546 | 0.059                               | 8.29          | 58.90             | 0.025            | 0.74             | 13.50 |
|                                    | Самбург        | 900                       | 0.0030                         | 0.300         | 1.90              | <0.001           | 0.010            | 0.210 | 0.085                               | 8.51          | 53.90             | 0.028            | 0.28             | 5.96  |
| Пяку-Пур                           | Тарко-Сале     | 305                       | 0.0025                         | 0.260         | 2.39              | <0.001           | 0.032            | 0.380 | 0.024                               | 2.50          | 22.90             | 0.010            | 0.31             | 3.65  |
| Седэ-Яха                           | Н.Уренгой      | 75                        | 0.0015                         | 0.240         | 1.57              | <0.001           | 0.049            | 0.158 | 0.005                               | 0.56          | 3.71              | 0.002            | 0.11             | 0.37  |
| Таз                                | Красноселькуп  | 1045                      | 0.0040                         | 0.270         | 1.40              | <0.001           | 0.040            | 0.220 | 0.131                               | 8.89          | 46.13             | 0.032            | 1.32             | 7.25  |
|                                    | Тазовский      | 1500                      | 0.0056                         | 0.445         | 2.30              | <0.001           | 0.061            | 0.417 | 0.260                               | 21.05         | 108.8             | 0.047            | 2.88             | 19.72 |

\*Параметр не контролируется.

\*Parameter is not monitored.

в воде взвешенных веществ приводит к тому, что часть нефти (до 10–30%) сорбируется на взвеси и осаждается на дно. Аккумулированные в донных отложениях тяжелые фракции нефти могут сохраняться долгие годы. Донные отложения исследуемых рек в основном представлены песком, а заиленный песок находится лишь ближе к устью. По классификации уровня загрязнения донных отложений нефтепродуктами р. Пур в большей степени относится к слабозагрязненной [Уварова, 1988].

Расчеты массопотоков главных элементов-загрязнителей в поверхностных водах, выносимых реками с исследуемой территории, основанные на данных о расходах рек и содержании в них загрязняющих веществ, приведены табл. 2, 3. Как показали расчеты, всего с изучаемого района поверхностными (речными) водами выносится 0.03 млн т нефтепродуктов. При этом следует учитывать, что главным образом это та часть, которая осталась после окисления и биологического самоочищения. Поэтому с учетом коэффициентов самоочищения в поверхностные водотоки поступает как минимум в 5 раз больше нефти [Гольдберг, Газда, 1984], т. е. около 0.2 млн т.

За период интенсивной добычи (1990–2000 гг.) средняя добыча нефти в округе составляла около 35.1 млн т. Общие потери, составляющие, по официальным данным, 2%, должны быть равными в этом случае 702 тыс. т. Следовательно, примерно половина (около 351 тыс. т) этой массы попадала в реки, остальная часть локализовалась на поверхности, загрязняя почвы и подземные воды. В данном случае значительная часть нефтепродуктов подвергается окислению. В итоге в Обскую и Тазовскую

**Таблица 3.** Массопотоки нефтепродуктов по рекам Пур, Надым и Таз

**Table 3.** Oil mass flow of along the rivers Pur, Nadym and Taz

| Водный объект | Площадь водосбора, м <sup>2</sup> | Поверхностный сток на участке, м <sup>3</sup> /г. | Среднее содержание нефтепродуктов, мг/дм <sup>3</sup> | Вынос нефтепродуктов, ×10 <sup>3</sup> т/г. | Удельные массопотоки, т/г. × км <sup>2</sup> |
|---------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Пур           | 111.9·10 <sup>9</sup>             | 24.9·10 <sup>9</sup>                              | 0.33                                                  | 8.22                                        | 0.070                                        |
| Надым         | 64.0·10 <sup>9</sup>              | 14.97·10 <sup>9</sup>                             | 0.30                                                  | 4.94                                        | 0.080                                        |
| Таз           | 150.0·10 <sup>9</sup>             | 34.70·10 <sup>9</sup>                             | 0.42                                                  | 14.57                                       | 0.097                                        |
| Итого         | 325.9·10 <sup>9</sup>             | 74.57·10 <sup>9</sup>                             | 0.35                                                  | 26.10                                       | 0.080                                        |

губу реками округа примерно разгружалось 0.2% нефтепродуктов от общей величины нефтедобычи в ЯНАО – около 0.07 млн т. Как показали расчеты, для Надым-Пурской и Пур-Тазовской нефтегазоносных провинций эта цифра составила около 0.03 млн т нефтепродуктов в год.

В целом поверхностные воды района исследования по комплексным показателям можно охарактеризовать как загрязненные и умеренно загрязненные и отнести к четвертому и третьему классам качества воды.

Тем не менее, подземные воды и их качество могут существенно меняться во времени. Многолетняя интенсивная эксплуатация водозаборов исследуемого района приводит к изменению уровня режима и характера взаимосвязи между отдельными водоносными горизонтами, а также между подземными и поверхностными водами. Область влияния водозаборов может распространяться на рас-

стояния в пределах рассчитанных гидродинамически обособленных зон (т. е. максимум на 10–15 км) [Ястребов, 2009], благодаря чему при наличии в них источников техногенного воздействия может ухудшаться качество питьевых подземных вод эоцен-четвертичного водоносного комплекса.

В связи с этим, недропользователям, в чьих владениях находятся разные водозаборные участки и месторождения подземных вод, необходимо более строго руководствоваться программами производственного экологического контроля режима и химического состава пресных питьевых вод и осуществлять в полной мере рекомендации по ведению мониторинга.

В настоящее время ЯНАО занимает второе место в стране по добыче нефти. Несмотря на то что в последние годы уровень ее добычи сократился и составил около 23 млн т, темпы и объемы освоения ресурсной базы углеводородного сырья на территории округа по-прежнему имеют все основания к дальнейшему увеличению.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прогнозирование развития экологической ситуации при дальнейшем освоении региона, а также контроль за состоянием водных объектов создают основу для принятия решений по поддержанию ресурсов и качества подземных вод округа на приемлемом уровне, обеспечивающем их использование в течение неограниченного времени. Это делает проблему оценки степени гидрогеоэкологической устойчивости питьевого эоцен-четвертичного водоносного комплекса особенно актуальной.

Техногенная нагрузка, создаваемая нефтегазовым комплексом в настоящее время, при увеличении объемов нефтедобычи будет возрастать. В дальнейшем это может усугубить существующую геологическую ситуацию исследуемого района. Говорить о катастрофических изменениях в гидросфере пока рано, загрязнение углеводородами на изучаемой территории носит локальный характер, рассчитанные элементарные бассейны стока обладают достаточной степенью устойчивости к антропогенному воздействию за счет высоких скоростей водообмена и полного дренирования речной сетью (практически без транзитного стока) [Ястребов, 2009].

Локальное антропогенное влияние на гидросферу обусловлено особенностью региональной динамики подземных вод эоцен-четвертичного водоносного комплекса. Формирование элементарных участков стока с небольшими расстояниями миграции загрязнений предопределяет достаточную степень геологической устойчивости геосистемы к комплексным техногенным воздействиям.

В дальнейшем, при постоянном возрастании техногенной нагрузки и ее длительном воздей-

ствии на геосистему (гидросферу), следует предположить возможные необратимые изменения качественного состава пресных вод территории, фильтрационных параметров водосодержащих пород и объемов водных ресурсов. В связи с этим природоохранные органы округа должны ужесточить экологические требования к недропользователям, осуществляющим производственную деятельность на территории ЯНАО.

*Исследования выполнены в рамках темы № 0393-2018-0031 государственного задания ИГГ УрО РАН.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гольдберг В., Газда С. (1984) Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. М.: Недра, 262 с.
- Иванов Ю.К., Ястребов А.А., Бешенцев В.А. (2008) Прогноз развития контаминационных процессов в условиях криолитозоны. *Литосфера*, (6), 82-86.
- Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. (2002) СанПиН 2.1.4.1074-01. М.: Минздрав России. 62 с.
- Уварова В.И. (1988) Современное состояние уровня загрязненности воды и грунтов некоторых водоемов Обь-Иртышского бассейна. *Сб. науч. тр. ГосНИОРХ*, (305), 23-33.
- Ястребов А.А. (2009) Влияние скорости водообмена на степень и масштаб антропогенного воздействия. *Литосфера*, (4), 114-118.
- Ястребов А.А., Иванов Ю.К. (2008) Региональная динамика пресных подземных вод Ямало-Ненецкого автономного округа. *Литосфера*, (5), 99-112.

## REFERENCES

- Gol'dberg V., Gazda S. (1984) *Gidrogeologicheskie osnovy okhrany podzemnykh vod ot zagryazneniya* [Hydrogeological basis for the protection of groundwater against pollution]. Moscow, Nedra Publ., 262 p. (In Russian)
- Ivanov Yu.K., Yastrebov A.A., Beshentsev V.A. (2008) Prediction of contamination processes under the permafrost zone. *Litosfera*, (6), 82-86. (In Russian)
- Pit'yevaya voda. Gigenicheskiye trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'yevogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva.* (2002) SanPiN 2.1.4.1074-01 [Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control]. Moscow, Minzdrav Rossii Publ., 62 p. (In Russian)
- Uvarova V.I. (1988) The current state of water pollution and soil some reservoirs of Ob-Irtysh basin. *Sbornik nauchnykh trudov. GosNIORKH*, (305), 23-33. (In Russian)
- Yastrebov A.A. (2009) Influence of water exchange rate on the degree and scale of human impact. *Litosfera*, (4), 114-118. (In Russian)
- Yastrebov A.A., Ivanov Yu.K. (2008) Regional dynamics of fresh groundwater of the Yamalo-Nenets Autonomous District. *Litosfera*, (5), 99-112. (in Russian)