

Геофизические исследования ареала загрязнения подземных вод в пос. Верх-Нейвинский

Владислав Анатольевич ЩАПОВ*
Анатолий Константинович ЮРКОВ**
Григорий Александрович ЦАЙ***

Институт геофизики им. Ю. П. Булашевича УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Аннотация

Цель работы. Экология проживания человека предполагает отсутствие любого загрязнения природной среды, и особые требования предъявляются к качеству воздуха и воды. В связи с этим целью исследования является определение источников загрязнения питьевой воды, площади его распространения и глубины заражения трещинного пространства горных пород, а также формирование рекомендаций по способу наиболее быстрой ликвидации загрязнения водного бассейна.

Методы. В ходе работы были выполнены геофизические исследования методом вертикального электрического зондирования побережья Верх-Нейвинского пруда, на территории которого находится заправочная станция АЗС ВНР (Башкирнефтепродукт). Оконтурена площадь загрязнения нефтепродуктами, проведена оценка глубины проникновения нефтепродуктов. Работа выполнена аппаратурой ЭРА-МАХ со штатным комплектом активных электродов. Построены разрезы удельного электрического сопротивления, которые возможно связать с границами площадного и глубинного проникновения нефтепродуктов по зонам трещиноватости.

Результаты. Результаты работ 2021 г., сделанные ранее организацией «Гидроспецгеология» по анализам вод из поверхностных проб, выполненных в 2017 году, подтвердили район загрязнения и позволили оценить глубину и наличие поверхностного и подземного загрязнения.

Выводы. Сравнение ареала загрязнения нефтепродуктами, в частности бензинами, является сложной экологической проблемой и требует длительного времени для ликвидации загрязнения. В большинстве существующей литературы описаны случаи загрязнения нефтепродуктами. Проблема ликвидации загрязнения бензинами более сложная в связи с существенно разными коэффициентами кинематической вязкости нефтей и бензинов, поэтому ареал загрязнения бензинами имеет существенно большую площадь и глубину. Даны рекомендации по наиболее рациональному способу ликвидации загрязнения.

Ключевые слова: вертикальное электрическое зондирование, глубина и площадь загрязнения подземных вод нефтепродуктами.

Введение

Прошло шесть лет с момента, когда в воде частных скважин и колодцев пос. Верх-Нейвинский, по словам местных жителей, стал чувствоваться резкий запах бензина и ацетона. Со временем количество загрязненных колодцев и скважин по площади распространения приобрело масштабный характер. Рыбу в водоеме невозможно использовать в пищу, резкий запах бензинов не позволяет заниматься рыбной ловлей. Вопросам возможного ущерба здоровью человека посвящено достаточное количество статей и патентов [1–4]. Ликвидировать последствия загрязнения трещинно-порового пространства часто удается только откачкой нефтепродуктов из специально пробуренных скважин. Период и способы исправления такого вреда, нанесенного человеком, достигают десятков лет [5–11].

В гидрогеологическом отношении в рассматриваемом районе развиты трещинные и трещинно-жильные

подземные воды, приуроченные к зонам экзогенной трещиноватости и локальных тектонических нарушений в интрузивных образованиях палеозойского возраста (граниты–гранодиориты).

С поверхности они перекрыты маломощными песчано-глинистыми мезозойскими корами выветривания и четвертичными делювиально-пролювиальными отложениями суммарной мощностью до 0,5–3,0 м. Подземные воды преимущественно безнапорные, реже субнапорные. Уровни, в зависимости от рельефа, залегают на глубине от 0,3–0,5 м до 45 м. Рельеф местности отличается приблизительно на такую же величину, т. е. уровень грунтовых вод в скважинах, расположенных выше по рельефу, находится на большей глубине от поверхности [12].

Питание подземных вод сезонное, за счет инфильтрации атмосферных осадков преимущественно в теплый период года. Разгрузка подземных вод происходит за счет

✉ vlad-shchapov@yandex.ru

**akyurkov@mail.ru

***tsai.grigory@gmail.com

подземного стока в акваторию Верх-Нейвинского пруда. Водообильность зон экзогенной трещиноватости крайне неравномерна по площади развития из-за фильтрационной анизотропии подземного стока и связана неравномерной трещиноватостью образований коренных пород. Тектонические движения, секущие позднепалеозойские дайки, и современные тектонические движения создают условия для локализации подземного потока трещинно-жильных вод в зоне выветривания гранитов и гранодиоритов. В пределах исследованной площади водосбора существует гидродинамически сложно построенный поток подземных вод, приуроченный как к верхней трещиноватой зоне, так и к локальным высокопроницаемым зонам тектонических нарушений.

Высокая трещиноватость, малая величина песчано-глинистых мезозойских кор выветривания и четвертичных делювиально-пролювиальных отложений относятся к недостаточно защищенным от факторов поверхностного загрязнения.

Основным, вероятным источником загрязнения стали утечки из резервуаров на АЗС ВNP (Башкирнефтепродукт), расположенной на данной территории [13], рис. 1.

Работы 2021 г. В 2021 г. для понимания изменения распространения ареала загрязнения были проведены работы методом электроразведки по 4 профилям, расположенным ниже и выше по рельефу заправочной станции ВNP (рис. 2).

Методы электроразведки основаны на измерениях кажущегося сопротивления слоев горных пород, слагающих геологический разрез. Электрическое сопротивление горных пород определяется составом породы, ее пористостью, трещиноватостью и флюидонасыщенностью.

Верх-Нейвинский массив располагается на стыке Тагильского мегасинклинория и Восточно-Уральского поднятия в зоне Серовско-Маукского глубинного разлома. В его строении участвуют два комплекса: дунит-гарцбургитовый (O3-S1), слагающий внутренние части массива, и дунит-клинопироксенит-габбровый (S2-D2), расположенный на периферии [12].

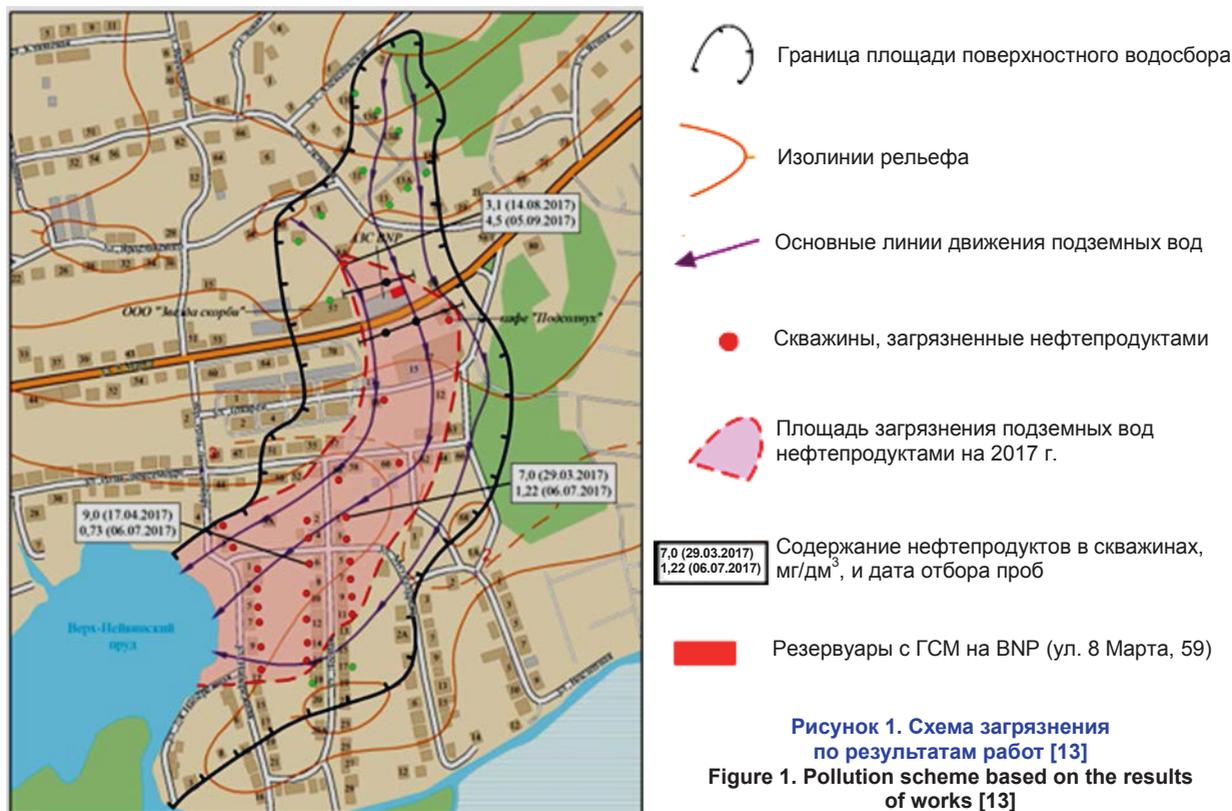
Интрузивные горные породы обладают высоким удельным электрическим сопротивлением около 3000 Ом · м, но часто хорошо расланцованы и в верхней части разреза имеют развитую кору выветривания.

Четвертичные отложения, перекрывающие интрузивные породы, развитые по пониженным областям рельефа, представлены суглинками, супесями и песками с удельным электрическим сопротивлением (УЭС) от 50 до 3000 Ом · м.

Удельное электрическое сопротивление различных сортов бензинов имеет порядок 10^{10} Ом · м. Нефтепродукты являются плохо проводящими жидкостями, поэтому при их попадании в трещинное пространство горной породы электрическое сопротивление существенно увеличивается. Следовательно, зона загрязнения может отмечаться более высокими значениями удельных сопротивлений по сравнению с фоновыми значениями вмещающих пород.

При проведении геофизических исследований было проведено вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) по 8 пикетам по профилю № 47-53 вдоль улицы 8 Марта от д. 70 (ПК53) до д. 76 (ПК46), а также несколько пикетов по улицам Ярославского (д. 38) – Калинина.

Методы, аппаратура и методика съемки 2021 г. Методы электроразведки основаны на измерениях кажущегося сопротивления слоев горных пород, слагающих геологический разрез.



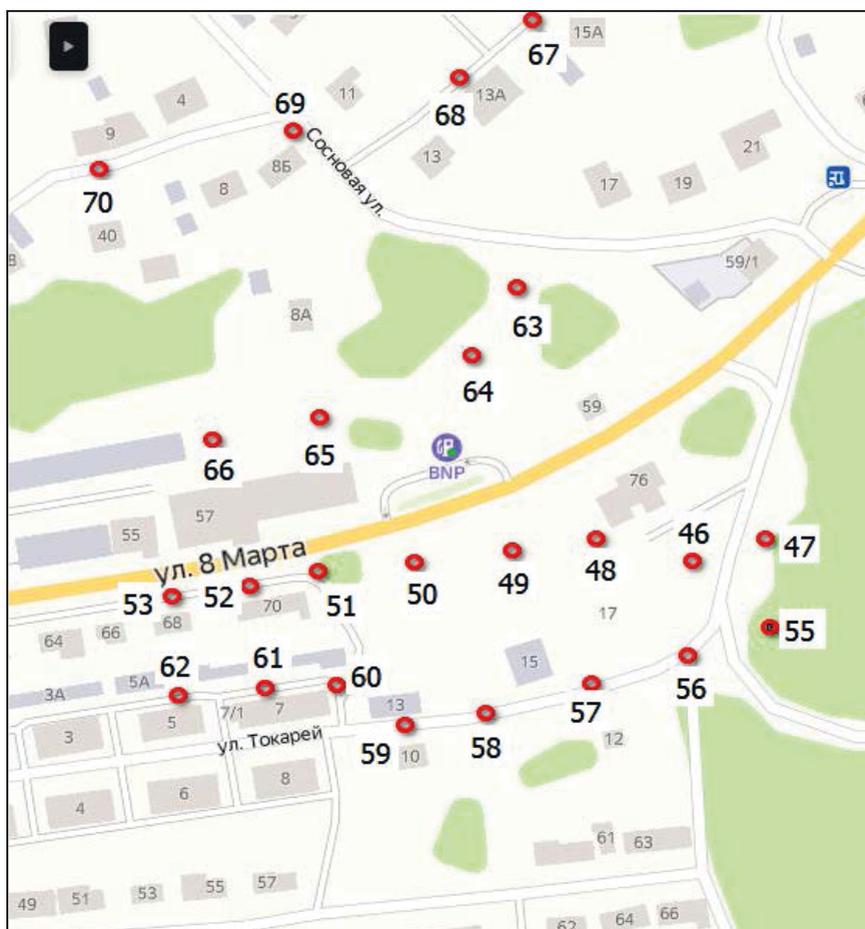


Рисунок 2. Расположение пикетов зондирования и их номера
Figure 2. Location of sounding pickets and their number

щегося сопротивления слоев горных пород, слагающих геологический разрез, и последующей интерпретации. Электрическое сопротивление горных пород определяется составом породы, ее трещиноватостью и флюидонасыщенностью.

Была применена дипольная осевая установка с размерами приемной линии $MN = 0,5; 1$ м и питающего диполя с размерами 0,5 и 2,5 м. Расстояния между центрами диполей составляли 2, 3, 4, 5, 6, 8, 11, 15, 20, 30 м. Приемные электроды – штатные активные из комплекта аппаратуры ЭРА МАКС. Частота измерения 625 Гц. Точка измерения отнесена к ближайшему питающему электроду от приемного диполя.

Измеренные значения отнесены к глубине в 1/3 от разнаса питающего диполя АВ.

Результаты работ

Было проведено вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) по 4 профилям. По 8 пикетам профиля № 47-53 вдоль улицы 8 Марта от д. 70 (ПК53) до д. 76 (ПК46), по 8 пикетам профиля 55-62 вдоль улицы Токарей. Профиль, расположенный выше АЗС с пикетами 63-66, а также 4 пикета по улице Сосновая, Ярославского (д. 38) – Калинина (д. 19). Взаимное расположение профилей и номера пикетов показаны на рис. 2.

Данные измерений и интерпретация. Два профиля измерений расположены ниже по рельефу от АЗС и два выше. Это связано с теми жалобами населения, где в

скважинах, пробуренных для питьевой воды, ощущается резкий запах бензина и вода непригодна даже для хозяйственных нужд.

На рис. 3 приведен разрез кажущегося электрического сопротивления по профилю, расположенному ниже АЗС. Левая часть разреза представлена песками и супесями со средними значениями УЭС = 440 Ом · м. В средней и правой частях разреза выделяются аномальные зоны с высокими значениями удельного электрического сопротивления ПК50, 49, 48. В этом месте, по словам местных жителей, мальчишки выкапывали ямки, ждали, когда они наполнятся бензином, и поджигали его. Такие аномальные зоны свидетельствуют о трещиноватых горных породах, насыщенных бензинами, и соответственно выделяются повышенным значением УЭС.

Результаты измеренных значений (верхняя часть рис. 3) и интерпретация. На рис. 3 приведен в верхней части разрез кажущегося электрического сопротивления, в нижней части – результаты интерпретации. Левая часть разреза (зеленые оттенки) представлена песками и супесями со средними значениями УЭС = 430 Ом · м. Правая часть разреза представлена скальными горными породами с большим значениями УЭС. Пикеты 50, 49, 48 выделяются аномальными значениями УЭС от 2000 до 4000 Ом · м. Такие аномальные зоны свидетельствуют о песках, насыщенных бензинами.

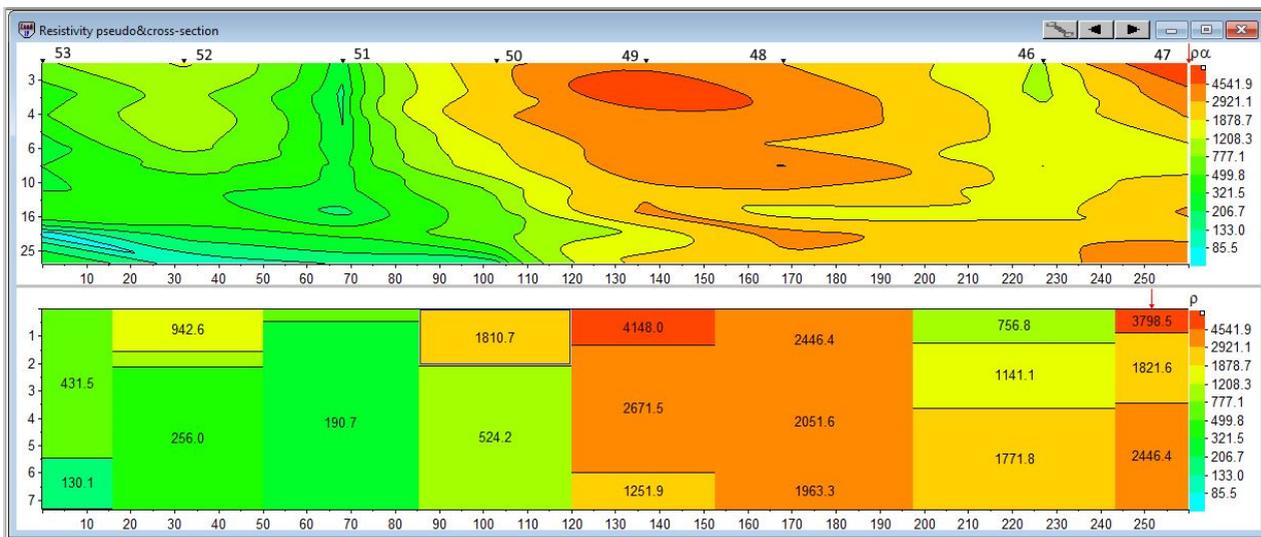


Рисунок 3. Профиль ПК53–ПК47, максимально близко расположенный к АЗС ниже по рельефу
 Figure 3. Profile PK53–PK47, located as close as possible to the gas station down the relief

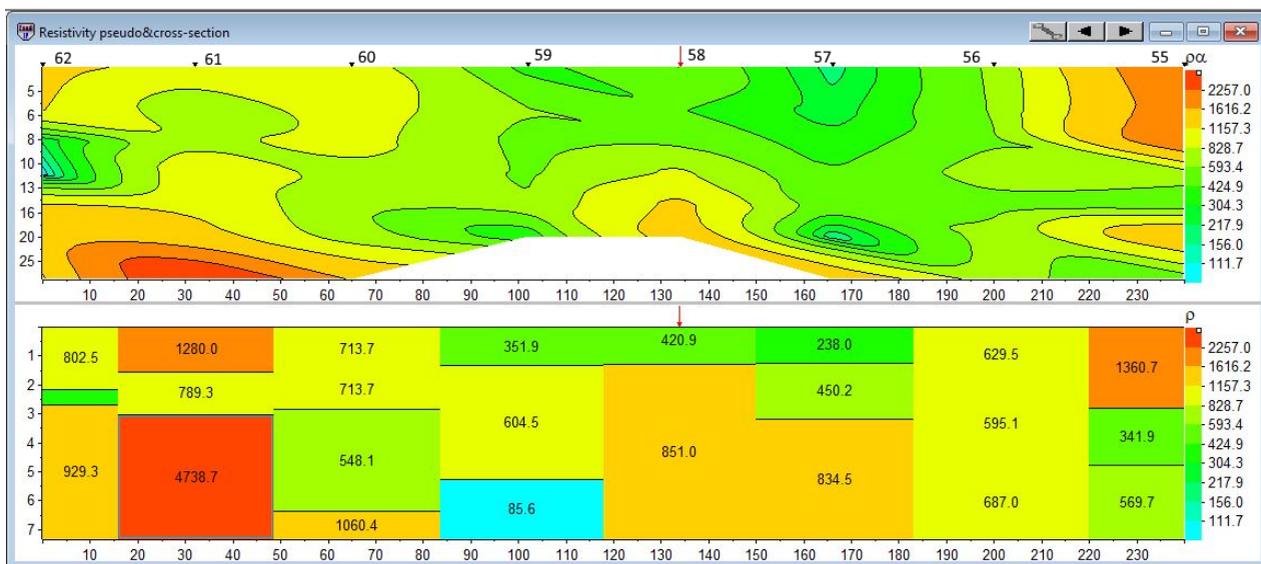


Рисунок 4. Профиль 2. ПК62–55. Расположен ниже по рельефу, чем первый
 Figure 4. Profile 2. PK62–55. Located lower in relief than the first

На рис. 4 показаны результаты измерений и интерпретации по профилю пикетов 62-55. Явных увеличенных значений УЭС, которые могли бы быть связаны с насыщением бензинами, нет. Период времени (6 лет) все-таки привел к промывке песков весенним и летним поверхностным стоком воды.

На рис. 5 показаны результаты измерений и интерпретации по профилю пикетов 66-63. Явных увеличенных значений УЭС на Пк66-65, которые могли бы быть связаны с насыщением бензинами, нет, но повышенные значения УЭС Пк 64, Пк63 связаны с загрязнением бензинами. Этот факт дополнительно подтвержден в разговорах с хозяевами близлежащих домов.

На рис. 6 показаны значения УЭС по самому верхнему профилю Пк 70-67. Значения УЭС ПК69 достигают 5109 Ом · м, что существенно выше значений для пород массива. При расспросах хозяина дома 69 по ул. Сосновой

выяснилось, что вода в скважине непригодна даже для хозяйственных целей.

Такие же жалобы прозвучали и в разговоре с хозяевами дома 15А (Пк67).

Методика исследований позволила провести вертикальное электрическое зондирование до глубины 10 м. На разрезах видно, что выделяются аномальные значения и на глубинах до 5 м, что может свидетельствовать о проникновении загрязнения нефтепродуктами на такую глубину, поскольку бензины легче воды на 0,25–0,3 г/см³ и вытесняются на поверхность.

На рис. 7 на Яндекс Карту нанесена линия преобладающего направления стока вод, поверхностного и подземного.

На направление распространения загрязнения влияют два фактора: поверхностный сток и подземный сток. Поверхностный сток метеогенных вод направлен по ре-

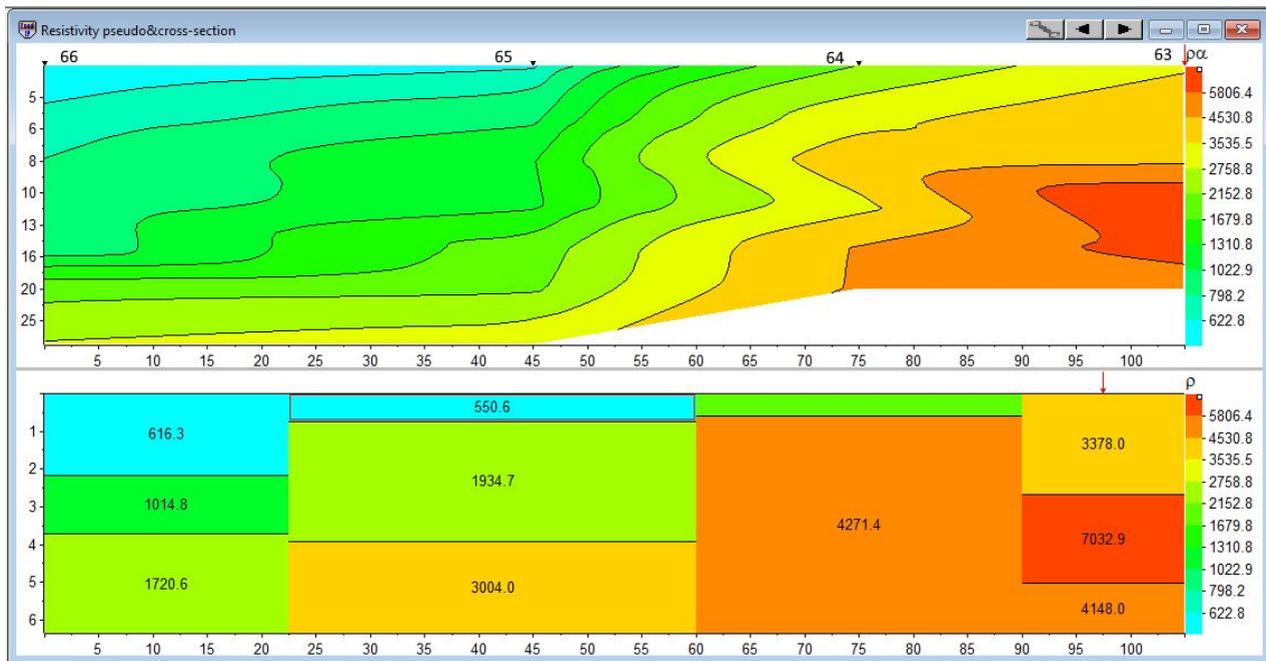


Рисунок 5. Профиль 3. ПК66–63. Расположен выше АЗС. Повышенные значения УЭС на ПК64–63 связаны с корой выветривания скальных пород

Figure 5. Profile 3. PK66–63. Located above the gas station. Increased resistivity values at PK64–63 are associated with the weathering crust of rocks

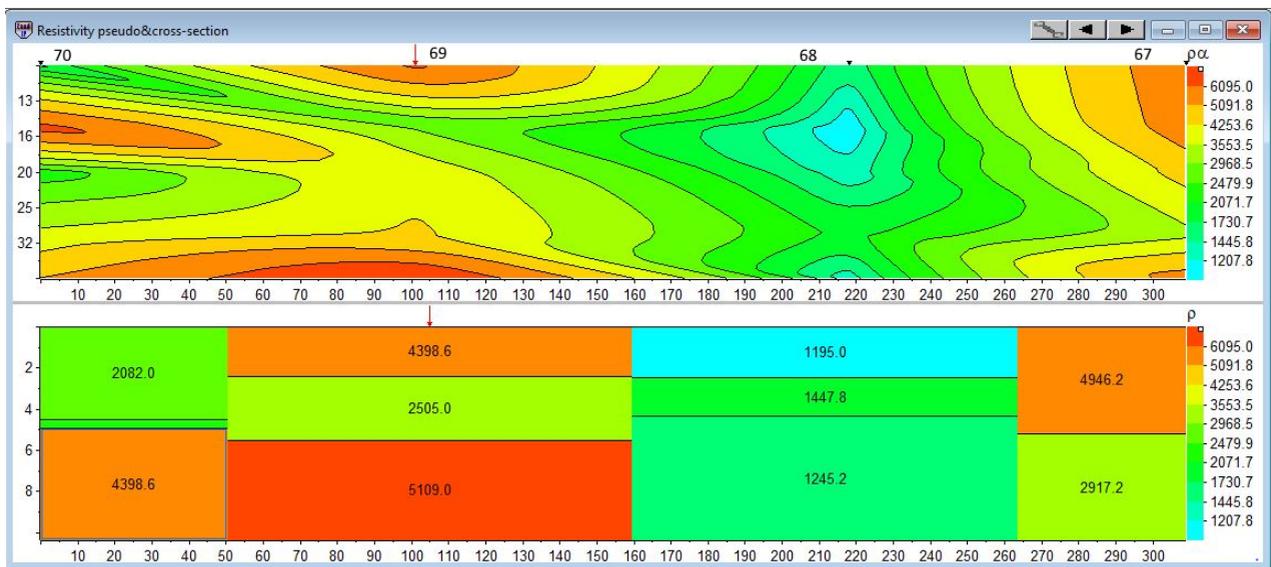


Рисунок 6. Профиль 4. Пикеты 70, 69, 67 по улицам Сосновая, Ярославского (д. 38) – Калинина (д. 19)

Figure 6. Profile 4. Pickets 70, 69, 67 along the streets of Sosnovaya, Yaroslavskaya (house 38) – Kalinin (house 19)

льефу в Верх-Нейвинский пруд, а подземный сток движется по падению трещиноватости горных пород, что и показано на рис. 8.

Из рис. 8 следует, что поверхностный и подземный стоки направлены практически в противоположные стороны, чем и объясняется наличие загрязнения в скважинах на индивидуальных участках, расположенных существенно выше автозаправочной станции по рельефу. Проблема ликвидации загрязнения бензинами более сложная в связи с существенно разными коэффициентами кинематической вязкости нефти и бензинов, поэтому

ареал загрязнения бензинами имеет существенно большую площадь и глубину [14].

Выводы и заключение

Выполненные геофизические работы показывают глубину и площадь загрязнения бензинами, а вероятнее всего – газоконденсатным топливом (судя по химическим анализам проб). Борьба с этой экологической катастрофой предстоит не один десяток лет. Однозначно связывать увеличение УЭС с насыщением бензинами трещинного пространства возможно, но с учетом рассмотрения геологии участка, рельефа и на-

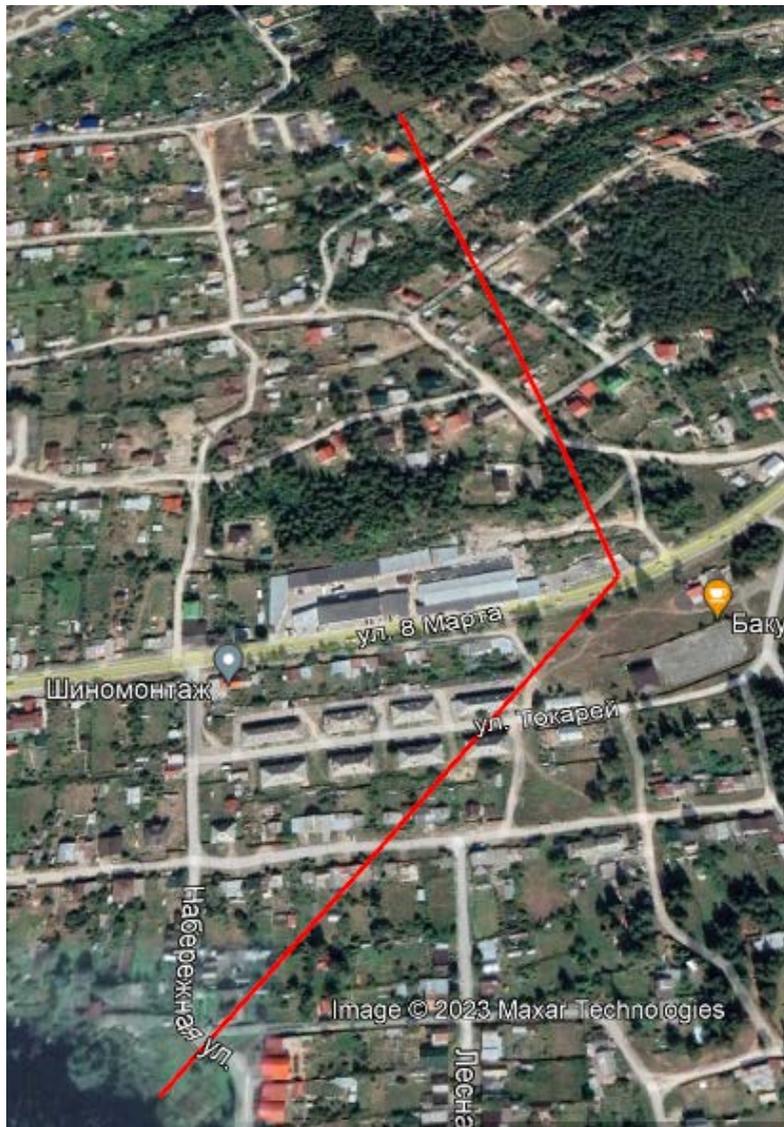


Рисунок 7. Расположение профиля измерений, где находились середины профилей, отраженное на Яндекс Картах
Figure 7. Location of the measurement profile, where the middles of the profiles were, on Yandex Maps

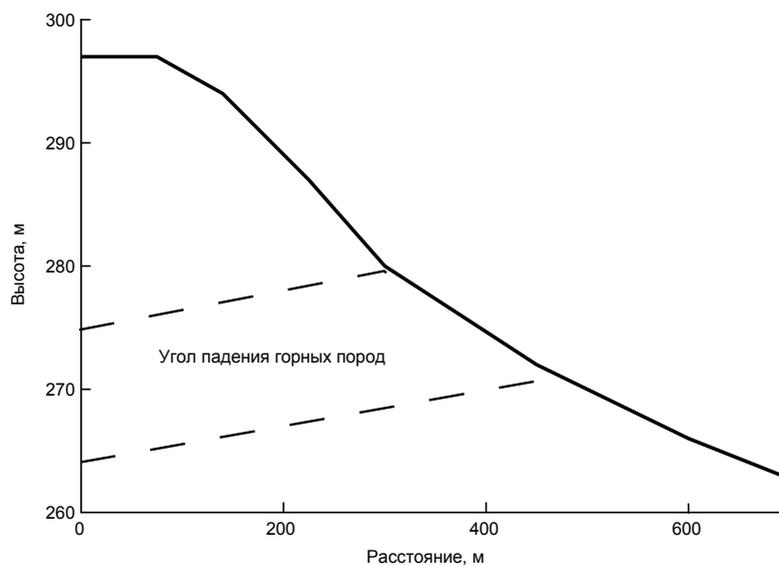


Рисунок 8. Рельеф и угол падения трещиноватости по профилю ПК67–АЗС BNP–ПК59. Уменьшение высоты рельефа 298–262 м, максимальный уклон 18,6–15,4 %

Figure 8. Relief and dipping angle of fracture along the PK67–AZS BNP–PK59 profile. Decrease in elevation 298–262 m, maximum slope 18.6–15.4%

правления трещиноватости горных пород. Наиболее предпочтительный способ ликвидации загрязнения – это бурение специальных откачных скважин и систематическая откачка нефтепродуктов. Другие способы ликвидации загрязнения, такие как специальные реагенты, торфяные смеси [3, 4], биосорбенты [15] просто неприменимы, так как речь идет о трещинном пространстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белякова Т. М., Дианова Т. М., Трефилова Н. Я. Геоэкологическое изучение ландшафтов бассейна реки Урал в связи с заболеваемостью населения раком // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. 2006. № 1 (1). С. 183–191.
2. Пат. 2361041 Рос. Федерация, МПК Е 02 D 31/00. Способ защиты почв и грунтовых вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами / Бреус И. П., Бреус В. А., Неклюдов С. А.; заявитель и патентообладатель Казан. гос. ун-т. № 2007132417/03; заявл. 17.08.07; опубл. 27.02.09, Бюл. № 6.
3. Пат. 2247195 Рос. Федерация, МПК Е 03 В 3/06, Е 21 В 43/00. Способ очистки подземных питьевых вод при добыче нефти / Калмыков Г. И., Галимов Т. Х., Нугаев Р. Я., Байтурина Г. Р. (ныне Мустафина Г. Р.) и др. № 2003127418/03; заявл. 09.09.03; опубл. 27.02.05. Бюл. № 6.
4. Пат. 2107129. Рос. Федерация, МПК Способ ликвидации загрязнения подземных вод / Бикбулатов И. Х., Айдашов Н. Ф., Шаяхметов Ш. К., Бикбулатов И. И. № 96117065/03; заявл. 20.08.96; опубл. 20.03.98.
5. Башкин В. Н., Галиулин Р. В., Галиулина Р. А. Аварийные разливы углеводородов в водную среду: проблемы и пути их решения // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2010. № 11. С. 4–7.
6. Белик Е. С., Злобина К. А. Исследование возможности использования отходов производства в качестве биосорбента // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. 2016. № 3. С. 62–76.
7. Белик Е. С. Оценка эффективности применения биосорбента в технологии биологической очистки воды и почвы от нефтепродуктов // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. 2017. № 4. С. 104–114. <https://doi.org/10.15593/2409-5125/2017.04.08>
8. Allam A., Tawfik A., El-Saadi A., Negm A. Potentials of using duckweed (*Lemna gibba*) for treatment of drainage water for reuse in irrigation purposes // Desalination and Water Treatment. 2016. Vol. 57. No. 1. P. 459–467. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.966760>
9. Alpha N. E., Barminas J. T., Osemeahon S. A. Modification, characterization and use of *Imperata cylindrical* (Toofa) fibre as oil sorbent // Chemical Science International Journal. 2017. Vol. 21. No. 3. P. 1–10. Article number CSIJ.39420. <https://doi.org/10.9734/CSIJ/2017/39420>
10. Al-Saad H. T., Al-Ali B. S., Al-Anber L. J., Al-Khion D. D., Hantoush A. A., Saleh S. M., Alaial A. H. Total petroleum hydrocarbon in selected fish of Shatt Al-Arab river, Iraq // International Journal of Marine Science. 2017. Vol. 7. No. 1. P. 1–7. <https://doi.org/10.5376/ijms.2017.07.0001>
11. Ángeles M.-T., Refugio R.-V. In situ biosurfactant production and hydrocarbon removal by *Pseudomonas putida* CB-100 in bioaugmented and biostimulated oil-contaminated soil // Brazilian Journal of Microbiology. 2013. Vol. 44. No. 2. P. 595–605. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822013000200040>
12. Геология СССР. Т. 12. Урал. Ч. 1. Геологическое описание / ред. И. И. Горский, Е. А. Кузнецов, Д. В. Наливкин. Л.: М., 1944. 688 с.
13. О возможных причинах загрязнения источников водоснабжения в п. Верх-Нейвинский Свердловской области: гидрогеологическое заключение № УРЦ-СВУ-15/17 / Гидроспецгеология. С. В. Спектор. 2017.
14. Справочник нефтехимика. В 2 т. Т. 1 / под ред. С. К. Огородникова. Л.: Химия, 1978. 496 с.
15. Артюх Е. А., Мазур А. С., Украинцева Т. В., Костюк Л. В. Перспективы применения биосорбентов для очистки водоемов при ликвидации аварийных разливов нефти // Известия СПбГТИ (ТУ). 2014. № 26. С. 58–66.

Статья поступила в редакцию 16 апреля 2023 года

Geophysical studies of the area of groundwater pollution in Verkh-Neyvinsky village

Vladislav Anatol'evich SHCHAPOV*
Anatoliy Konstantinovich YURKOV**
Grigoriy Aleksandrovich TSAY***

Bulashevich Institute of Geophysics of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russia

Abstract

The purpose of the research. The ecology of human habitation implies the absence of any pollution of the natural environment and special requirements are imposed on the quality of air and water. In this regard, the purpose of the research is to determine the sources of pollution of drinking water, the area of its distribution and the depth of contamination of the fracture space of rocks, as well as to give recommendations on how to more quickly eliminate pollution of the water basin.

Methodology. In the course of the research, geophysical studies were carried out using the method of vertical electrical sounding of the coast of the Verkh-Neyvinsky pond, on the territory of which there is a gas station of BNP (Bashkirnefteprodukt). The area of contamination with oil products was outlined, and the depth of penetration of oil products was assessed. The work was performed using the ERA-MAX equipment with a standard set of active electrodes. Sections of electrical resistivity were constructed, which can be associated with the boundaries of the area and deep penetration of oil products along the fracture zones.

Results. The results of the 2021 work confirmed the area of contamination previously made by the Gidrospetsgeologiya organization based on water analyzes from surface samples performed in 2017, and made it possible to assess the depth and presence of surface and underground pollution.

Conclusions. Comparison of the area of pollution by oil products, in particular gasoline, is a complex environmental problem and requires a long time to eliminate pollution. Most of the existing literature describes cases of oil pollution. The problem of gasoline pollution elimination is more complicated due to significantly different coefficients of kinematic viscosity of oils and gasolines; therefore, the gasoline pollution area has a significantly larger size and depth. Recommendations are given for a more rational way to eliminate pollution.

Keywords: vertical electrical sounding, depth and area of groundwater pollution by oil products.

REFERENCES

1. Belyakova T. M., Dianova T. M., Trefilova N. Ya. 2006, Geoecological study of the landscapes of the Ural River basin in connection with the incidence of cancer in the population. *Problemy biogeokhimii i geokhimicheskoy ekologii* [Problems of biogeochemistry and geochemical ecology], no. 1 (1), pp. 183–191. (In Russ.)
2. Breus I. P., Breus V. A., Neklyudov S. A. A method for protecting soils and groundwater from pollution by oil and oil products. Pat. 2361041 Russian Federation, IPC E 02 D 31/00. Applicant and patent holder Kazan state university no. 2007132417/03; applied 17.08.07; published 27.02.09, bul. no. 6. (In Russ.)
3. Kalmykov G. I., Galimov T. Kh., Nugaev R. Ya., Baiturina G. R. (now Mustafina G. R.) [et. al]. Method for purification of underground drinking water during oil production. Pat. 2247195 Russian Federation, IPC E 03 B 3/06, E 21 B 43/00, no. 2003127418/03; applied 09.09.03; published 27.02.05, bul. no. 6. (In Russ.)
4. Bikbulatov I. Kh., Aidashov N. F., Shayakhmetov Sh. K., Bikbulatov I. I. Method for elimination of groundwater pollution. Pat. 2107129 Russian Federation, IPC E 03 B 3/06, no. 96117065/03, applied 20.08.96; published 20.03.98. (In Russ.)
5. Bashkin V. N., Galiulin R. V., Galiulina R. A. 2020, Accidental spills of hydrocarbons into the water environment: problems and ways to solve them. *Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse* [Environmental protection in the oil and gas industry], no. 11, pp. 4–7. (In Russ.)
6. Belik E. S., Zlobina K. A. 2016, Study of the possibility of using production waste as a biosorbent. *Vestnik PNEPU. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika* [Bulletin of PNRPU. Applied Ecology. Urbanistics], no. 3, pp. 62–76. (In Russ.)
7. Belik Ye. S. 2017, Evaluation of the effectiveness of the use of biosorbent in the technology of biological purification of water and soil from oil products. *Vestnik PNEPU. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika* [Bulletin of PNRPU. Applied Ecology. Urbanistics], no. 4, pp. 104–114. (In Russ.) <https://doi.org/10.15593/2409-5125/2017.04.08>
8. Allam A., Tawfik A., El-Saadi A., Negm A. 2016, Potentials of using duckweed (*Lemna gibba*) for treatment of drainage water for reuse in irrigation purposes. *Desalination and Water Treatment*, vol. 57, no. 1, pp. 459–467. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.966760>
9. Alpha N. E., Barminas J. T., Osemeahon S. A. 2017, Modification, characterization and use of Imperata cylindrical (Toofa) fibre as oil sorbent. *Chemical Science International Journal*, vol. 21, no. 3, pp. 1–10. Article number CSIJ.39420. <https://doi.org/10.9734/CSIJ/2017/39420>

✉ vlad-shchapov@yandex.ru

**akyurkov@mail.ru

****tsai.grigory@gmail.com

10. Al-Saad H. T., Al-Ali B. S., Al-Anber L. J., Al-Khion D. D., Hantoush A. A., Saleh S. M., Alaial A. H. 2017, Total petroleum hydrocarbon in selected fish of Shatt Al-Arab river, Iraq. *International Journal of Marine Science*, vol. 7, no. 1, pp. 1–7. <https://doi.org/10.5376/ijms.2017.07.0001>
11. Ángeles M. T., Refugio R. V. 2013, In situ biosurfactant production and hydrocarbon removal by *Pseudomonas putida* CB-100 in bioaugmented and biostimulated oil-contaminated soil. *Brazilian Journal of Microbiology*, vol. 44, no. 2, pp. 595–605. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822013000200040>
12. Gorsky I. I., Kuznetsov E. A., Nalivkin D. V. 1944, Geology of the USSR, vol. 12. Ural, part 1. Geological description. Leningrad, Moscow, 688 p. (*In Russ.*)
13. Spector S. V. 2017, On the possible causes of pollution of water supply sources in the village of Verkh-Neyvinsky, Sverdlovsk Region: hydrogeological conclusion no. URTs-SVU-15/17. Hydrospecial geology. (*In Russ.*)
14. Ogorodnikova S. K. 1978, Petrochemist's Handbook, vol. 1. Leningrad, 496 p. (*In Russ.*)
15. Artyukh E. A., Mazur A. S., Ukraintseva T. V., Kostyuk L. V. 2014, Prospects for the use of biosorbents for cleaning water bodies during oil spill response. *Izvestiya SPbGTI* [News of the Saint Petersburg State Technological Institute (Technical University)], no. 26, pp. 58–66. (*In Russ.*)

The article was received on April 16, 2023