

УДК 502:553.982

**КОНТРОЛЬ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОСТАВА НЕФТИ  
КАК ЗАГРЯЗНИТЕЛЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ****Степанова Н.Е.***ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», Волгоград,  
e-mail: nat\_stepanova@mail.ru*

В работе дана обзорная характеристика нефти как загрязнителя окружающей среды, а также представлены данные компонентного состава нефти месторождений Волгоградской области с наиболее влияющими факторами. В качестве материала для оценки характеристик нефти как загрязнителя окружающей среды были использованы инженерные изыскания углеводородных месторождений Волгоградской области. Подробно рассмотрены характеристики лёгкой фракции нефти, которые выкипают до 200 °С, включающие наиболее простые по строению низкомолекулярные метановые (алканы), нафтеновые (циклопарафиновые) и ароматические углеводороды (подвижная часть нефти). Выделены составные части нефти, которые по данным исследований многих ученых являются первостепенными компонентами негативного воздействия на геологическую среду. Даны показатели нефти Волгоградской области: вязкость составляет от 4 до 6%, плотность изменяется от 0,819 до 831 г/см<sup>3</sup> при 20 °С, содержание парафинов от 2 до 3%, смола от 3 до 7%, асфальтены – от 2 до 4,5% (средние значения по региону на примере четырех месторождений добычи углеводородов). В геологическом отношении тип почв нефтегазовых районов области каштановый и светло-каштановый, со среднеглинистым механическим составом (содержание физической глины составляет 29,16–36,39% по всему профилю), реакция почвенного раствора верхних горизонтов слабощелочная (рН 7,57) и щелочная – в нижних горизонтах (рН 8,23). Показана методика оценки характеристик нефти в баллах, которая основывается на оценивании величины фактора, по значениям которой можно судить о степени опасности нефти для геологической среды. В результате получена оценка нефти Волгоградской области как соответствующая «незначительному» уровню воздействия, с низкими значениями плотности (850–870 кг/м<sup>3</sup>), со средним содержанием парафина (1,5–6%) и смолисто-асфальтеновых веществ (10–20%) и не содержащая сероводород.

**Ключевые слова:** нефть, плотность, вязкость, смола, контроль, характеристика, сера, компонент**CONTROL AND MAIN CHARACTERISTICS OF OIL COMPOSITION  
AS A POLLUTANT OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT****Stepanova N.E.***Volgograd State Agrarian University, Volgograd, e-mail: nat\_stepanova@mail.ru*

The paper gives an overview of oil as an environmental pollutant, and also presents data on the composition of oil from the Volgograd region with the most influencing factors. Engineering surveys of hydrocarbon fields in the Volgograd region were used as a material for assessing the characteristics of oil as an environmental pollutant. The characteristics of the light oil fraction, which boil up to 200 °C, including the simplest in structure low-molecular methane (alkanes), naphthenic (cycloparaffinic) and aromatic hydrocarbons (mobile part of oil), are considered in detail. The components of oil have been identified, which, according to research by many scientists, are the primary components of the negative impact on the geological environment. Indicators of oil in the Volgograd region are given: viscosity ranges from 4 to 6%, density varies from 0.819 to 831 g / cm<sup>3</sup> at 20 °C, paraffin content from 2 to 3%, resin from 3 to 7%, asphaltenes – from 2 to 4, 5% (average values for the region on the example of four hydrocarbon production fields). In geological terms, the type of soils of the oil and gas regions of the region is chestnut and light chestnut, with a medium clay texture (the content of physical clay is 29.16-36.39% throughout the profile), the reaction of the soil solution of the upper horizons is slightly alkaline (pH 7.57) and alkaline. in the lower horizons (pH 8.23). A method for assessing the characteristics of oil in points is shown, which is based on evaluating the value of a factor, by the values of which one can judge the degree of danger of oil to the geological environment. As a result, the oil of the Volgograd region was assessed as corresponding to the «insignificant» level of impact, with low density values (850-870 kg / m<sup>3</sup>), with an average content of paraffin (1.5-6%) and resinous-asphaltene substances (10-20%) and does not contain hydrogen sulfide.

**Keywords:** oil, density, viscosity, resin, control, characteristic, sulfur, component

Если рассматривать нефтяную промышленность с точки зрения экологии и ее воздействия на окружающую среду, то можно утверждать, что данная отрасль занимает одно из первых мест по отрицательному воздействию на нее на всех этапах производства. Самым опасным видом антропогенного воздействия являются внештатные, аварийные ситуации, то есть когда происходит разлив нефти, как на самих месторож-

дениях, так и на нефтеперерабатывающих предприятиях. Причинами возникновения аварийных ситуаций могут быть как стихийные бедствия, так и человеческий фактор, а именно неудовлетворительная оценка всей проектной документации и, в частности, изыскательских, строительных работ, нарушение правил эксплуатации.

Все вещества, входящие в состав нефти, имеют высокую токсичность и очень опас-

ны для природной среды. На сегодняшний день наблюдаются большие проблемы у нефтедобывающих компаний, но все же идет постоянный рост добычи и переработки нефти, который влечет за собой загрязнение окружающей среды высокотоксичными веществами. Для оценки техногенного воздействия нефти на природную среду для различных климатических зон существуют многочисленные методики. В основном целью данных методик является анализ воздействия нефтяных загрязняющих веществ на компоненты окружающей среды с целью рекультивации нарушенных территорий.

В работах Ю.И. Пиковского рассматривается геоэкологическое районирование территории добычи углеводородов, в которых представлен прогноз изменений геологической среды при воздействии нефти и нефтепродуктов (засоление, оценка скорости самоочищения, период восстановления), а также дан анализ природных условий территории России с учетом процессов рассеяния, разложения нефтяных концентраций в различных формах рельефа. Границы районов добычи углеводородов проведены по границам водосборных бассейнов. Волгоградская область относится к Прикаспийской ландшафтно-геохимической области с составом нефти – легкие среднепарафинистые (Д19 на рис. 1) [1, 2].

В своей статье мы поставили перед собой цель проанализировать основные характеристики нефти как загрязнителя окружающей среды, а также, используя данные компонентного состава нефти месторождений Волгоградской области, выделить наиболее влияющие на окружающую среду факторы.

Тема работы актуальна, так как на сегодняшний день изучение вопроса восстановления природной среды в результате разлива нефтепродуктов при добыче, транспортировке, в аварийных ситуациях является важным в поиске эффективных методов восстановления компонентов среды, с учетом контроля характеристик нефти.

### Материалы и методы исследования

Материалами для оценки характеристик нефти как загрязнителя окружающей среды являются инженерные изыскания углеводородных месторождений Волгоградской области (Чухонастовское, Кудиноовское, Ключевское, Дудаченское). При написании статьи использованы такие методы, как анализ научной литературы, фондовых и картографических материалов полевых исследований, инженерных изысканий проектной документации строительства поисковых скважин.

### Результаты исследования и их обсуждение

На сегодняшний день мировые потери нефти составляют более 107 т в год, из которых 80 % попадает в почву, пресную воду. Основными загрязняющими веществами при добыче нефти и транспортировке является как сама нефть, так и ее продукты. Значительную часть техногенных потоков составляет сырая нефть (пластовые жидкости) и товарная. На протяжении многих лет мы очень много слышали о проблемах загрязнения нефтью и нефтепродуктами вод океанов и морей, а о последствиях влияния нефтедобычи, транспортировки нефтепродуктов на почвы внимания уделялось мало.



Рис. 1. Прогнозное ландшафтно-геохимическое районирование по типам изменений природной среды при добыче и транспортировке нефти

В настоящее время многие ученые занимаются вопросами загрязнения почв углеводородами, в своих исследованиях они освещают изменение ее свойств под воздействием загрязнителя [3].

Для нефтедобывающей промышленности характерное воздействие загрязнителей на почву будет зависеть от количества и состава поллютантов, их геохимической активности, а также от свойств самой почвенной среды. В различных геохимических условиях одни те же вещества ведут себя по-разному, иногда они поддаются быстрому преобразованию и активно взаимодействуют с почвой, а иногда и очень устойчивы.

Всем известно, что нефть представляет собой маслянистую горючую жидкость со специфическим запахом, в ее составе в основном присутствуют углеводороды и другие химические соединения. Нефть и нефтепродукты по фракционному составу делятся на: легкие, которые выходят при температуре до 200 °С; средние – от 200 до 350 °С; тяжелые – при вакуумной переработке и температурах более 350 °С.

Легкими называют те фракции нефти, которые выкипают до 200 °С, состоящие из наиболее подвижных частей нефти: простых по строению низкомолекулярных алканов, циклопарафиновых и ароматических углеводородов. Метановые углеводороды (алканы) с числом углеродных атомов  $C_5$ - $C_{11}$  составляют большую часть легкой фракции, поступая в окружающую среду на живые организмы, оказывают не только токсичное воздействие, но и свободно могут перемещаться по почвенному профилю и водоносным горизонтам. Особенно быстро действуют нормальные алканы с короткой углеродной цепью. Эти углеводороды лучше растворимы в воде, легко проникают в клетки организмов через мембраны, дезорганизуют цитоплазматические мембраны организма. Бутан и пентан являются высокотоксичными соединениями, они имеют высокую летучесть, поэтому их действие недолговременно [4].

В легких фракциях самыми опасными для окружающей среды являются ароматические углеводороды, даже при небольшой концентрации, попадая в компоненты среды, они наносят непоправимый вред всему живому. Экспериментально доказано, что все полиароматические углеводороды плохо поддаются разрушению, в том числе бензапирен, который не всегда обнаруживается в нефти, не подвергшейся значительному термическому воздействию.

Плотность нефти является очень важным ее свойством, так как она указывает на содержание в ней смол, углеводородов. Высокая плотность нефти показывает, что в ней содержится большое количество ароматических углеводородов, низкое количество – парафиновых углеводородов, в аварийных ситуациях, зная плотность нефти, можно дать предварительную оценку степени загрязнения геологической среды.

Такое свойство нефти, как вязкость, характеризует подвижность ее в пластах, от величины вязкости зависят водно-физические свойства почв и грунтов при ее разливе и скорость распространения нефтяного загрязнения.

Для изучения нефтяных разливов на почве большое значение имеет содержание в ней твердых метановых углеводородов (парафинов), сам парафин в твердом виде не токсичен, но при нагревании растворяется в нефти и, попадая на геологическую среду, застывает, мешая влагообмену и дыханию почв, что в итоге приводит к деградации биогеоценозов. В нефти в зависимости от процентного содержания парафинов выделяются несколько групп: малое содержание парафина – до 1,5%, среднее – от 1,5 до 6%, высокое – более 6%.

Одной из негативных составляющих нефти является сера и ее соединения (элементарная, сероводородная, сульфидная, меркаптановая). Для окружающей среды соединения серы являются одними из опасных веществ. Всем известно, что при соединении данных веществ с водой образуются кислоты, которые оказывают воздействие на все живое, а также происходит закисление почвенной среды и водоемов и в дальнейшем деградация экосистемы.

Высокомолекулярными гетероатомными компонентами нефти являются смолы и асфальтены, которые относятся к углеводородным компонентам и определяют физические свойства и химическую активность нефти. В составе нефти содержание смол и асфальтенов варьируется в пределах от 1–2 до 6–40%. Если нефть просачивается сверху, ее смолисто-асфальтеновые компоненты сорбируются в основном в верхнем, гумусовом горизонте, иногда прочно уплотняя его.

Общеизвестно, что при попадании в ландшафты нефти и нефтепродуктов очень сложным и продолжительным периодом является процесс миграции и преобразования ее в почве. В настоящее время уделяется большое внимание изучению скорости раз-

ложения нефти в почве, с течением времени происходит внутрпочвенная деструкция поступившего загрязнителя, физико-химическое разрушение, растворение и для различных почвенно-климатических условий и характеристик нефти скорость восстановления геологической среды будет составлять в одних случаях 5 лет, в других 20 лет.

Обобщая вышеизложенное, можно выделить основные характеристики нефти, которые по данным исследований многих ученых являются первостепенными компонентами негативного воздействия на геологическую среду: плотность нефти, содержание легких фракций, выкипающих до 200 °С, массовая доля парафина, содержание смолисто-асфальтеновых веществ, массовая доля серы, массовая доля сероводорода [5].

По данным отбора проб и инженерных изысканий показатели нефти Волгоградской области следующие: вязкость составляет от 4 до 6%, плотность изменяется от 0,819 до 831 г/см<sup>3</sup> при 20 °С, содержание парафинов от 2 до 3%, смолы от 3 до 7%, асфальтены – от 2 до 4,5% (средние показатели по региону на примере четырех месторождений). Нефть Волгоградского региона по данным исследований не содержит сероводород (рис. 2) [6–8].

Преобладающий тип почв нефтегазовых районов Волгоградской области каштановый и светло-каштановый, со среднеглинистым механическим составом (содержание физической глины составляет 29,16–36,39% по всему профилю). Реакция почвенного раствора верхних горизонтов слабощелочная (рН 7,57) и щелочная в нижних горизонтах (рН 8,23). В геологическом строении осадочного чехла принимают участие породы палеозойского, мезозойского и кайно-

зойского возраста, на глубину до 10,0 м принимают участие отложения верхнемеловой и четвертичной системы. Отложения верхнемеловой системы представлены мелким песком, отложения четвертичной системы – современными пролювиально-делювиальными и верхнечетвертично-современными делювиальными отложениями [9].

Если воспользоваться методикой оценки характеристик нефти в баллах, которая основывается на оценивании величины фактора, независимо от единиц измерения, то степень опасности нефти и нефтепродуктов для геологической среды можно спрогнозировать.

Данная методика выявления наиболее уязвимых геологических участков, основанная на контроле характеристик нефти конкретного региона, будет полезна при ликвидации возможных аварийных ситуаций. На основе представленных граничных значений представлено распределение баллов по предложенным компонентам. В зависимости от значений каждому параметру присваивается определенное количество баллов, которые в итоге суммируются. На основании суммарного количества баллов можно судить о степени потенциальной опасности нефти для геологической среды.

О.В. Крайневой проведены исследования месторождений нефти юго-восточной части Баренцева моря и предложена методика оценки характера воздействия разливов нефти на геологическую среду, основанная на характеристиках добываемой нефти данного региона. Характеристика нефти оценивается баллами:

– 0 баллов: плотность, кг/м<sup>3</sup> – до 850; легкие фракции, парафин, смола отсутствуют, сера до 0,6%;

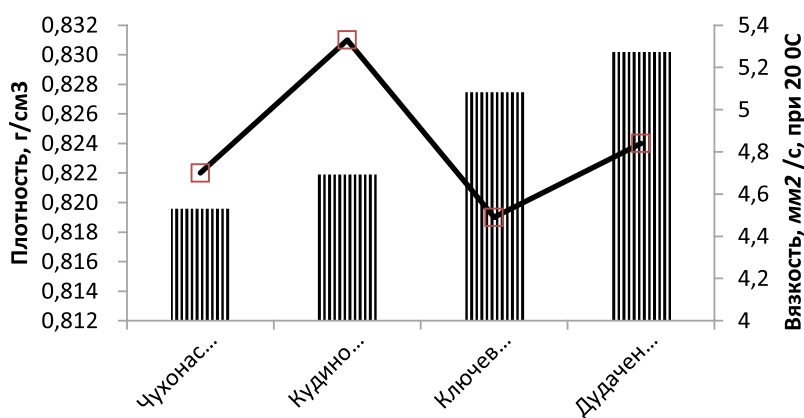


Рис. 2. Физико-химические характеристики месторождений нефти Волгоградской области (Остроухов С.Б., 2016 г.)



– 1 балл: плотность, кг/м<sup>3</sup> – 851–870; легкие фракции до 21%, парафин до 1,5%, сера от 0,61 до 1,8%, смола до 10%;

– 2 балла: плотность, кг/м<sup>3</sup> – 870–895; легкие фракции от 21 до 27%, парафин от 1,5 до 6%, сера от 1,8 до 3,5%, смола от 10 до 20%;

– 3 балла: плотность, кг/м<sup>3</sup> – более 895; легкие фракции более 27%, парафин более 6%, сера более 3,5%, смола более 20%.

По данным Комитета природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области на территории региона размещено более 93 месторождений углеводородного сырья, из которых более 68 находятся в разработке. Ежегодно в Волгоградском регионе добывается более 3,5 млн т нефти и 700 млн м<sup>3</sup> природного газа [10]. Нефть, добываемая в Волгоградской области, в основном малосмолистая, с содержанием углеводородов не более 5%.

Используя разработанную учеными методику (О.В. Крайнева, М.Г. Губайдулин, 2014 г.), в которой были определены основные влияющие факторы на геологическую среду, и прогнозную карту ландшафтно-геохимического районирования (Ю.И. Пиковский), установили, что период восстановления растительности с учетом характеристик нефти Волгоградской области составит 10–20 лет.

Оценивая нефть Волгоградской области по данной методике: плотность 0 баллов, парафин от 1 до 3% – 2 балла, смола – 2 балла, сера – 0 баллов, в итоге количество баллов равно 4, со значениями плотности от 850 до 870 кг/м<sup>3</sup>, парафина – от 1,5 до 6%, смолисто-асфальтеновых веществ – от 10 до 20%, не содержит сероводород. Согласно критериям оценки уровень негативного воздействия на геологическую среду соответствует «незначительному». Полученные результаты при детальном исследовании каждого нефтегазового месторождения Волгоградской области с учетом геоэкологических условий могут быть полезны для разработки мероприятий по охране окружающей среды при освоении нефтяных месторождений.

### Заключение

В результате проведенного анализа основных характеристик нефти, оказывающих негативное воздействие на геологическую среду, можно сделать вывод, что контроль над технологическими процессами при добыче и переработке не-

фтепродуктов, с учетом особенностей состава нефти для конкретного региона дает возможность иметь механизм ликвидации загрязнений. Контроль и изучение характеристик нефти необходим не только для оценки углеводородного сырья, но и для изучения превращения ее в геологической среде. Зная состав нефти и имея представление об опасности некоторых компонентов в ее составе, возможно установить предполагаемую опасность для геологической среды в аварийных ситуациях и заранее иметь механизм устранения последствий воздействия.

### Список литературы / References

1. Губайдуллин М.Г., Крайнева О.В. Экспертная оценка потенциального воздействия нефти на геологическую среду прибрежной зоны юго-восточной части Баренцева моря // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2014. № 4. С. 9–14.

Gubaydullin M.G., Krayneva O.V. Expert assessment of the potential impact of oil on the geological environment of the coastal zone of the South-Eastern part of the Barents sea // Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse. 2014. № 4. P. 9–14 (in Russian).

2. Пиковский Ю.И., Исмаилов Н.М., Дорохова М.Ф. Основы нефтегазовой геозологии: учебное пособие. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. 400 с.

Pikovskiy Yu.I., Ismailov N.M., Dorokhova M.F. Fundamentals of oil and gas Geoecology: textbook. M.: NITs INFRA-M, 2015. 400 p. (in Russian).

3. Шейнфельд С.А., Василевский В.Л., Касьянов П.В. О сборнике инновационных решений по сохранению биоразнообразия для нефтедобывающего комплекса // Экологический вестник России. 2015. № 7. С. 20–24.

Sheinfeld S.A., Vasilevskiy V.L., Kasyanov P.V. Collection of innovative solutions for biodiversity conservation for the oil-producing complex // Ekologicheskiy vestnik Rossii. 2015. № 7. P. 20–24 (in Russian).

4. Соболева Е.В., Гусева А.Н. Химия горючих ископаемых: учебное пособие. М.: Изд. Московского университета, 2010. 312 с.

Soboleva E.V., Guseva A.N. Chemistry of combustible fossils: textbook. M.: Izd. Moskovskogo universiteta, 2010. 312 p. (in Russian).

5. Ященко И.Г. Физико-химические свойства трудноизвлекаемых нефтей в зависимости от содержания парафинов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2010. № 6. С. 39–48.

Yaschenko I.G. Physical and chemical properties of hard-to-recover oils depending on the paraffin content // Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy. 2010. № 6. P. 39–48 (in Russian).

6. Остроухов С.Б., Бочкарев В.А., Соболева Н.Д. Состав углеводородов нефти Терсинского месторождения Волгоградского Поволжья // Химия и технология топлив и масел. 2012. № 6. С. 29–33.

Ostroukhov S.B., Bochkarev V.A., Soboleva N.D. Composition of petroleum hydrocarbons of the Tersinskoye field of the Volgograd Volga region // Khimiya i tekhnologiya topliv i masel. 2012. № 6. P. 29–33 (in Russian).

7. Остроухов С.Б., Соболева Е.Ф., Соболева Н.Д. Особенности состава нефтей Волгоградского Поволжья // Нефтяное хозяйство. 2016. № 3. С. 64–67.

Ostroukhov S.B., Soboleva E.F., Soboleva N.D. Peculiarities of Crude Oil Composition of the Volgograd Volga Region // Neftyanoye khozyaystvo. 2016. № 3. P. 64–67 (in Russian).

8. Пряхин С.И. Нефтепромыслы Волгоградской области: состояние и перспективы // Нефтепромысловое дело. 2014. № 5. С. 38–52.

Pryakhin S.I. Oil Fields of the Volgograd region: state and prospects // Neftepromyslovoye delo. 2014. № 5. P. 38–52 (in Russian).

9. Степанова Н.Е. Экологическая экспертиза почв Волгоградской области // Материалы Национальной научно-практической конференции «Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования» (9 февраля 2018 г.). Астрахань: Изд. ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2018. С. 257–260.

Stepanova N.E. Environmental assessment of soils of the Volgograd region // Materials of the National scientific and practical conference «Innovative development of regions: the potential of science and modern education» (February 9, 2018). Astrakhan': Izd. GAOU AO VO «AGASU», 2018. P. 257–260 (in Russian).

10. Степанова Н.Е. Контроль, экологическая оценка и восстановление нарушенных земель Волгоградской области // Успехи современного естествознания. 2018. № 4. С. 155–159.

Stepanova N.E. Control, environmental assessment and restoration of disturbed lands of the Volgograd region // Advances in modern natural science. 2018. № 4. P. 155–159 (in Russian).