

УДК 628.1:622:574.5

**АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЫХ КЛАССИФИКАЦИЙ ЗЕМЕЛЬ И ГРУНТОВЫХ ВОД
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ
ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВ НЕФТЬЮ**

*канд. тех. наук, доц. Л.М. СПИРИДЕНКО; Т.С. КАЗМИРКИВСКАЯ;
Д.А. КИСЕЛЕВ; А.А. ГРИНЕВИЧ
(Полоцкий государственный университет)*

Исследуются основные потенциальные источники загрязнения окружающей среды нефтью в результате аварий. Проводится анализ нефтесодержащих объектов, среди которых и магистральные нефтепродуктопроводы, представляющие наибольшую опасность такого загрязнения. Рассматриваются последствия загрязнения нефтью грунтов, а также грунтовых вод. Последствия загрязнения грунтов вызывают необратимые изменения, нежелательные процессы в них. Необратимые изменения выражаются в изменении морфологических, физических, физико-химических свойств грунтов, а иногда и в существенной перестройке всего почвенного профиля. Представлен анализ действующих классификаций грунтов и грунтовых вод. На основании проведенного анализа определены основные признаки, которые помогут создать производственную классификацию земель и грунтовых вод.

Введение. Основными потенциальными источниками загрязнения окружающей среды нефтью в результате аварий являются нефтесодержащие объекты, находящиеся в составе производственных комплексов на предприятиях нефтепереработки, нефтехимии, транспорта, в том числе трубопроводного, и хранения нефти. Серьезную опасность загрязнения нефтью объектов окружающей среды представляет нефтеналивной подвижной состав железнодорожного и автомобильного транспорта, аварии которого могут привести к загрязнению различных объектов окружающей среды, в зависимости от характера ландшафта на территориях, где проходят транспортные коммуникации.

Большое количество нефтесодержащих объектов входит в состав промышленных комплексов площадочного типа, все производственные объекты которых расположены на их территориях компактно (например, нефтеперерабатывающие заводы, нефтебазы и др.). Такие нефтесодержащие объекты будут именоваться локальными. Как правило, при аварийных разливах нефти на локальных нефтесодержащих объектах площадочного типа разлившаяся нефть не выходит за границы промышленного комплекса и локализуется специальными инженерными сооружениями.

В число нефтесодержащих объектов входят резервуары для хранения нефти. Это наиболее массовый и распространенный тип локальных нефтесодержащих объектов. Различные резервуары для хранения нефти используются на предприятиях нефтедобычи, магистрального трубопроводного транспорта, нефтепереработки и нефтехимии, хранения и распределения нефтепродуктов, агропромышленного комплекса, всех видов наземного, водного и воздушного транспорта, энергетики, коммунального хозяйства, в оборонном комплексе и др.

Наибольшую экологическую угрозу представляют нефтесодержащие объекты, являющиеся частью производственных комплексов линейно-протяженного типа, к которым в первую очередь относятся магистральные нефте- и продуктопроводы.

Основная часть. По территории Республики Беларусь трассы магистральных нефте- и продуктопроводов проложены в шести технических коридорах. Трассы нефтепроводов «Унеча – Полоцк – Скрудалиена» и «Сургут – Полоцк» проходят по северо-восточной части, и трассы «Унеча – Мозырь – Брест», «Речица – Мозырь» и «Мозырь – Броды» проходят по южной части страны. Общая протяженность всех магистральных нефтепроводов в однопунктном исчислении составляет около 4000 км. Все трассы проходят в 6 технических коридорах общей протяженностью 1233 км [1].

Для магистральных нефтепроводов, которые проходят в северной и северо-восточной части республики (Унеча – Полоцк, Полоцк – Скрудалиена, Полоцк – Мажейкя и Сургут – Полоцк), характерно большое разнообразие ландшафтов, комплексность почвенного покрова и наличие значительного количества водных объектов. Для магистральных нефтепроводов в южной части Беларуси (Унеча – Мозырь, Мозырь – Брест и Мозырь – Броды) характерно однообразие ландшафтов [1]. Наиболее сложная организация ландшафтов свойственна северной части республики.

В зависимости от микрорельефа, степени дренированности территории и механического состава почв нефть и нефтепродукты в случае аварии будут либо (при отсутствии значительных относительных превышений на местности, преобладании легких почв и значительной степени дренированности территории) интенсивно проникать в грунт и распространяться с поверхностными грунтовыми водами, либо

распространяться преимущественно по поверхности до пересечения с водным объектом. Таким образом, при аварии будут иметь место как процессы горизонтального перемещения нефтепродуктов, так и вертикального, а соотношение этих процессов будет определяться в основном свойствами ландшафта, в пределах которого произошла авария.

Республика Беларусь имеет разветвленную сеть магистральных трубопроводов, фактический срок эксплуатации большинства из них приближается к тому периоду, когда значительно возрастает интенсивность отказов и аварий. Старение трубопроводов сопровождается снижением охранных свойств изоляционных покрытий, накоплением и развитием дефектов в трубах и сварных соединениях и процессами старения металла труб. По мере увеличения возраста трубопроводов усиливается тенденция к снижению их надёжности и повышению вероятности аварий.

Разливы, утечки нефти и нефтепродуктов, как показывает практика, неизбежны при их добыче, переработке и транспортировке. Нефть, попадая в почву и грунты, вызывает необратимые изменения, нежелательные процессы. В почве происходят глубокие и часто необратимые изменения морфологических, физических, физико-химических свойств, а иногда и существенная перестройка всего почвенного профиля. Нефть специфически воздействует на многие характеристики почв, но прежде всего загрязнение нефтью отражается на их морфологическом строении. Вследствие этого гибнет вся растительность и живые организмы, попавшие в зону аварии (рис. 1).



Рис. 1. Пример загрязнения нефтью лесного массива

При загрязнении наблюдается пропитывание нефтью верхних горизонтов, что приводит к изменению окраски на более тёмную. Нижележащие горизонты также подвергаются загрязнению, но сплошного пропитывания почвенной массы здесь не наблюдается, поэтому окраска горизонтов не претерпевает столь значительных изменений, как верхние горизонты.

С попаданием нефти и нефтепродуктов на поверхность грунта начинается процесс их естественного фракционирования и разложения. Некоторая часть нефти механически выносится поверхностными водами за пределы площади загрязнения и рассеивается на путях движения водных потоков. Часть нефти в почвенном слое подвергается химическому и биологическому окислению. Преобладание тех или иных процессов превращения, миграции и аккумуляции нефтепродуктов в значительной мере зависит от природно-климатических условий и свойств почв, в которые поступают эти загрязняющие вещества.

Загрязнение почв нефтью при ее разливах наблюдается в основном в верхних горизонтах. Одновременно она распространяется вширь, проникая в поры между частицами грунта. Скорость просачивания нефти зависит от ее свойств, характера грунта, а также от количественных соотношений нефти, воздуха и воды в образовавшейся многофазной движущейся системе. Чем меньше нефти в такой системе и выше соотношение других компонентов, тем труднее нефти проникнуть сквозь грунт.

При достижении нефтью уровня грунтовых вод дальнейшее ее движение вниз прекращается. При этом легкие фракции могут всплывать на поверхность воды. Расширение площади распространения нефти под действием капиллярных сил уменьшает насыщенность ею грунта. Ниже определенного уровня насыщения, так называемого остаточного насыщения, составляющего 10...12 %, нефть перестает мигрировать и становится неподвижной. Проявление капиллярного эффекта хорошо прослеживается при значительной проницаемости и пористости грунтов. Например, пески и гравийные грунты весьма благопри-

яты для миграции нефти, а глины и илы ограничивают расстояние, на которое она может перемещаться. В горных породах нефть движется по трещинам.

Перемещение нефти в почвенном пространстве может быть как радиальным, то есть вглубь почвенного профиля, так и латеральным – в соответствии с уклоном поверхности. При радиальном распределении нефти в почвенном профиле существенную роль играют так называемые барьеры-аккумуляторы, то есть горизонты с повышенной нефтеёмкостью. Свойства нефти, такие как ее химический состав, вязкость, а также наличие сопутствующих минерализованных пластовых вод определяют характер ее фракционирования в почвенном профиле. Так, при поверхностном аварийном разливе нефти на почву вертикальное передвижение ее вниз по почвенному профилю создает так называемый хроматографический эффект, приводящий к дифференциации нефтяных фракций. В верхнем гумусовом горизонте сорбируются высокомолекулярные компоненты нефти, содержащие в большом количестве смолисто-асфальтеновые вещества, а в нижние горизонты проникают в основном низкомолекулярные соединения, имеющие высокую растворимость в воде и минерализованные пластовые воды.

При пористой почве и низком уровне грунтовых вод нефть, разлитая на земле, может загрязнять грунтовые воды, что создает угрозу загрязнения нефтепродуктами подземных водоносных горизонтов и распространения их на большие расстояния от источника загрязнения, а при определенных условиях попадания нефти в водные объекты.

Одним из условий нераспространения загрязнения в грунтах и водоносных горизонтах может выступать оптимизация процессов ликвидации разлива нефти на землях. Для минимизации последствий загрязнения грунтов и грунтовых вод необходимо разработать типовые методы ликвидации разливов нефти. Одна из задач разработки – создание *производственной классификации земель и грунтовых вод*.

В настоящее время известно множество различных классификаций земель и грунтовых вод. В каждой из этих классификаций был использован свой признак классификации, который был выбран в соответствии с теми целями, для которых проводилась классификация.

Известные классификации земель и грунтов рассмотрены с позиции документов [2–4]. В рассмотренных документах классификация земель производится по следующим показателям:

- 1) *по жесткости земли* подразделяются на скальные и нескальные [3];
- 2) *по степени влажности стронция* (St) – маловлажные, влажные, водонасыщенные [2];
- 3) *по гранулометрическому составу земли* – гравелистые, крупные, средние, мелкие, пылеватые [2];
- 3) *по пористости* – практически непористые, слабопористые, среднепористые, сильнопористые [3];
- 4) *по водопроницаемости* в зависимости от коэффициента фильтрации K_f (м/сут) – водонепроницаемые, практически водонепроницаемые, слабоводопроницаемые, средневодопроницаемые, водопроницаемые, высоководопроницаемые, исключительно водопроницаемые [2];
- 5) *по целевому назначению* – сельскохозяйственные, населенных пунктов, промышленности и иного специального назначения, особо охраняемые, земли лесного фонда, земли водного фонда, земли запаса [4].

Помимо классификаций земель, для защиты грунтовых вод от загрязнения нефтью необходимо рассмотреть классификации подземных вод, среди которых наиболее известная – по условиям их залегания [5] (рис. 2): воды зоны аэрации: почвенные и верховодка; воды зоны насыщения: грунтовые и межпластовые.

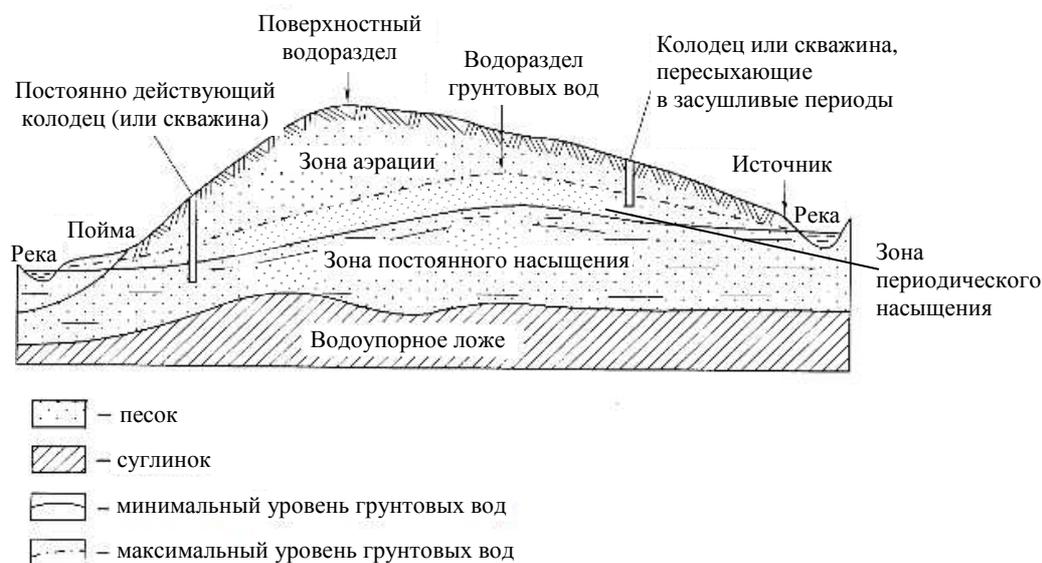


Рис. 2. Схема соотношения различных типов подземных вод (по О.К. Ланге)

В зоне аэрации распространены: почвенные воды; воды, инфильтрирующиеся сквозь коллектор; парообразная вода; верховодки. Верховодки образуются, когда инфильтрирующаяся вода скапливается на поверхности водоупоров, имеющих локальное распространение, например, на линзах глин или суглинков в толще песков. Поверхность (зеркало) грунтовых вод является границей зоны аэрации и зоны насыщения.

В то же время почвенные воды имеют существенные отличия от других вод зоны аэрации и грунтовых вод вследствие тесной связи их с органическими веществами, растениями и живыми организмами. Характерной особенностью почвенных вод является их огромная роль в повышении плодородия почв.

Грунтовые воды – это воды первого от поверхности постоянного водоносного горизонта, на первом водоупорном слое. Поверхность грунтовых вод называется зеркалом грунтовых вод. Мощность водоносного горизонта – это расстояние по вертикали от зеркала грунтовых вод до водоупора. В водоносных слоях грунтовые воды передвигаются от мест с более высоким уровнем к местам с более низким уровнем, то есть в соответствии с уклоном водоносного пласта.

Межпластовые воды – это воды, заключенные между двумя водоупорными пластами, из которых нижний называется водоупорным ложем, а верхний – водоупорной кровлей (рис. 3). Они залегают глубже и поэтому чище, чем грунтовые. Области распространения и питания их не совпадают, в связи с чем режим вод меньше зависит от метеоусловий и у них более постоянный уровень. Атмосферное питание эти воды получают лишь в местах выхода водоносного пласта на поверхность. Они могут быть напорные и ненапорные. Ненапорные воды не полностью насыщают водоносный пласт, имеют свободную поверхность и стекают как грунтовые по уклону ложа. Напорные воды залегают в вогнутых тектонических структурах, насыщают весь водоносный слой и обладают гидростатическим напором. Вскрытые скважинами, они могут изливаться на поверхность или даже фонтанировать. Такие воды называют артезианскими. Как и грунтовые воды, межпластовые могут иметь разный химический состав и степень минерализации, которая увеличивается с глубиной.

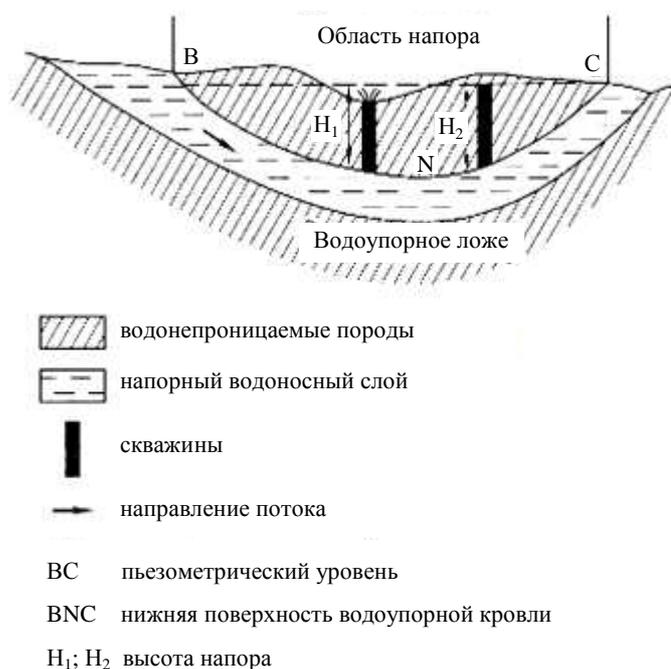


Рис. 3. Схема залегания и движения грунтовых вод в междуручечном массиве (по Л.К. Давыдову и др.)

Однако приведенные классификации земель и грунтовых вод не отражают суть проникновения нефти вглубь земель, поэтому целью настоящего исследования является разработка производственной классификации земель и грунтовых вод.

Проведенный анализ на кафедре трубопроводного транспорта Полоцкого университета известных классификаций земель и подземных вод показал, что эти классификации не учитывают признаки, позволяющие оценить глубину проникновения нефти в землю, распространение по поверхности земли и подземным водам, а также причиненный ущерб окружающей среде при авариях на нефтепроводах. Главным признаком оценки загрязнения земель может быть ущерб окружающей среде.

На основании вышеназванного принципа *производственная классификация* должна включать следующие показатели:

- хозяйственное назначение земель;
- пористость грунтов;
- степень влажности грунтов.

Классификация грунтовых вод должна содержать такие признаки, как:

- глубина залегания грунтовых вод;
- возможность попадания грунтовых вод в водные объекты.

Эти классификационные признаки земель и грунтовых вод позволят оценить ущерб, который может произойти в результате аварии на нефтесодержащем объекте при попадании нефти на землю и проникновении её в грунтовые воды.

Заключение. Результатом проведенной работы является проведенный анализ потенциальных источников загрязнения земель и грунтовых вод нефтью и нефтепродуктами. Рассмотрены последствия загрязнения земель и грунтовых вод нефтью. Проведен анализ известных классификаций земель и грунтовых вод, выявлены признаки, которые помогут создать производственную классификацию, которая позволит разработать типовые технологии ликвидации аварийных разливов нефти, тем самым минимизировать последствия аварий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Защита водных объектов при аварийных разливах нефти / Д.П. Комаровский [и др.]; под ред. В.К. Липского. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – 220 с.
2. Грунты. Классификация: СТБ 943-93 / М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь. – Минск.
3. Классификация. Кодекс Республики Беларусь о земле. 23 июля 2008 г. № 425-3: ГОСТ 25100-2011 Грунты. – Минск.
4. Любушкина, С.Г. Общее землеведение: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по спец. «География» / С.Г. Любушкина, К.В. Пашканг, А.В. Чернов; под ред. А.В. Чернова. – М.: Просвещение, 2004. – 288 с.

Поступила 12.03.2015

THE KNOWN CLASSIFICATION OF LANDS AND GROUNDWATER ANALYSIS FOR THE DEVELOPMENT OF PRODUCTION CLASSIFICATION TO MINIMIZE THE EFFECTS OF OIL CONTAMINATED SOIL

L. SPIRIDENOK, T. KAZMIRKIVSKAYA, Y. KISELYOV, A. GRINEVICH

The main potential sources of oil pollution caused by accidents are studied in the article. The analysis of oil-contaminated sites, among which the main oil and gasoline lines, representing the greatest danger of such pollution is given. The effects of oil contaminated soil and groundwater are considered. The effects of soil contamination cause irreversible changes, unwanted processes. Irreversible changes are expressed in the change of morphological, physical, physiochemical properties of soils, and sometimes a substantial reorganization of the whole soil profile is observed. The analysis of existing classifications of soils and groundwater is made. On the basis of the analysis the main features which help to create a classification of industrial land and groundwater are identified.