СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ЖИДКОСТЯМИ И НЕФТЬЮ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE ECOLOGICAL STATE OF SOILS CONTAMINATED WITH MINERALIZED LIQUIDS AND OIL (WESTERN SIBERIA)

М. В. Носова[1,2], В. П. Середина[2]

M. V. Nosova[1,2], V. P. Seredina[2]

[1]Акционерное Общество «Томский научно-исследовательский научный проектный институт нефти и газа», г. Томск, Россия, nosovaMV@tomsknipi.ru
[2]Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

[1]Joint-Stock Company "Tomsk Research Scientific Design Institute of Oil and Gas", Tomsk, Russia, nosovaMV@tomsknipi.ru
[2]National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Определены особенности распространения процессов техногенного галогенеза на почвах различных каскадно-геохимических позиций ландшафта. Выявлено, что техногенное засоление наиболее губительно для пойменных почв, так как данные почвы являются своего рода главным «пунктом сбора» все загрязнителей. Установлены особенности и химизм процессов техногенного галогенеза (содержание, качественный состав, закономерности миграции и распределения легкорастворимых солей, в том числе токсичных для растений) в почвах различных зон загрязнения – эпицентр, импактная зона, граница нефтяного пятна. Выявлено, что техногенное засоление пойменных почв – конечного звена каскадно-геохимических систем, является значимым геоэкологическим фактором, способствующим образованию на нефтезагрязненных территориях новых техногенных почвенно-геохимических сукцессий – хемоземов с признаками явлений солончаковатости, не свойственных условиям гумидного климата. Предложен способ рекультивации техногенно-засоленных почв путем фитомелиоративного посева аборигенных растений-галофитов.

The features of the distribution of technogenic halogenesis processes on the soil of various cascade-geochemical positions of the landscape are determined. It was revealed that technogenic salinization is the most detrimental for floodplain soils, since these soils are a kind of main "collection point" for all pollutants. The features and chemistry of technogenic halogenesis processes (content, qualitative composition, patterns of migration and distribution of easily soluble salts, including those toxic to plants) in soils of various pollution zones - the epicenter, the impact zone, the boundary of the oil slick – have been established. It has been revealed that technogenic salinization of floodplain soils, the final link in cascade-geochemical systems, is a significant geoecological factor contributing to the formation of new technogenic soil-geochemical successions in oil-contaminated territories - chemozems with signs of solonchak phenomena that are not characteristic of humid climate conditions. A method for the reclamation of technogenically saline soils by phytomeliorative sowing of native halophyte plants is proposed.

Ключевые слова: техногенный галогенез, хемозем техногенный, месторождение нефти, пойменные экосистемы, водорастворимые соли.

Keywords: technogenic halogenesis, technogenic chemozem, oil field, floodplain ecosystems, water-soluble salts.

https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-275-278

Постоянно возрастающее антропогенное воздействие приводит к увеличению поступления в экосистемы различных поллютантов. Среди множества загрязнителей окружающей среды (ОС) необходимо выделить нефть и нефтепродукты (НП), которые являются достаточно опасными, быстро распространяющимися, медленно разлагающимися в естественных условиях и способными оказывать токсическое действие на центральный элемент экосистемы – почвы. При этом морфологические свойства почв являются наиболее представительными признаками загрязнения, так как являются индикатором изменений агрофизических свойств. В этой связи, разработка приёмов, направленных на снижение негативного воздействия нефтяных углеводородов на природные экосистемы, является актуальной задачей. Особую актуальность такие разработки приобретают на почвах, сформированных в условиях гумидного почвообразования Западной Сибири, где процессы самовосстановления почв наиболее сложны и длительны [1–4].

Несмотря на значительное количество работ, посвящённых исследованию воздействия нефтяного загрязнения на экологическое состояние почв таёжных элювиальных ландшафтов Западной Сибири, закономерности поведения нефтепродуктов, а также практические аспекты рекультивационных работ на почвах пойменных экосистем изучены слабо. В связи с этим цель настоящего исследования – анализ особенностей влияния нефтяного загрязнения на морфологические особенности и физико-химические параметры аллювиальных почв.

Объектами исследования послужили почвы на территории разлива сырой нефти на территории Александровского и Каргасокского районов Томской области и Нижневартовского района Ханты-Мансийского автономного округа–Югры. Очаг загрязнения сформировался в результате порыва промыслового трубопровода в центральной части поймы р. Оби. В каждой зоне различной техногенной нагрузки (эпицентр, импактная зона, граница нефтяного пятна) был заложен разрез и ряд почвенных прикопок, определена классификационная принадлежность почвы в соответствии с фоном. Отбор проб почв производили по ГОСТ 28168-89 с учётом мощности горизонтов в описанных разрезах до глубины 100 см. Отбор проб из прикопок проводился на глубинах 0–10 и 10–20 см. Биоценозы представлены лесными сосновыми, лиственнично-сосновыми и березовыми биоценозами, степными злаковыми, разнотравно-злаковыми и бобово-злаковыми сообществами, а также – луговыми разнотравными ассоциациями речных долин и межплоскогорных понижений. Для полевого исследования почв исследуемых ландшафтов применялись почвенно-морфологический, педо-литологический, ботанический, геолого-геоморфологический и сравнительно-географический методы исследования. На территории было заложено и описано 5 почвенных разрезов и 25 почвенных прикопок. Для выявления закономерностей трансформации загрязненных почв проводился сопряженный анализ фоновых почв и почв, загрязненными нефтяными эмульсиями. Ненарушенной почвы расположены в непосредственной близости от контрольного объекта исследования и представлены различными типами аллювиальных почв. Диагностику и классификацию проводили в соответствии с современными представлениями о классификации антропогенно-преобразованных почв.

Лабораторные исследования свойств основных типов почв были проведены общепринятыми методами потенциометрии, титрования, фотоколориметрии, в пробах воздушно-сухих образцов почв, растёртых и просеянных через сито с диаметром отверстий в 1 мм, а при необходимости – через сито с диаметром отверстий 0,25 мм. При обработке данных использовали общепринятые статистические методы с использованием программы STATISTICA 6.0.

Самовосстановительные процессы природных экосистем не справляются с мощным одноразовым техногенным всплеском, тем самым замедляется время реабилитации природной среды от такого рода загрязнений в условиях Западной Сибири и Крайнего Севера. Поэтому проблема загрязнений высокоминерализованными водами ландшафтов является одной из наиболее ключевых задач, для решения которой требуется разработка комплексного и систематизированного подхода, внедрения новых технологических решений и научной обоснованности. При продвижении от эпицентра разлива к периферии видно, что в почва загрязнённых минерализованными жидкостями снижается сумма токсических солей 0,38 % в образцах почв, находящихся в 5 м от эпицентра разлива, до 0,21 %, на расстоянии 15 м от эпицентра разлива, следовательно, можно говорить о том, что количество токсичных солей снижается, по мере удаления от эпицентра нефтяного загрязнения к его периферии. Результаты анализов водной вытяжки свидетельствуют о том, что по величине сухого остатка (2,26% эпицентр разлива) и (1,19 % периферия разлива) нефтезагрязненные аллювиальные почвы характеризуются как сильнозасоленные с хлоридно – сульфатно - натриевым типом засоления, что является начальным признаком проявления процесса техногенного галогенеза, не свойственного почвам гумидных территорий.

Установлено, что разливы сырой нефти сопровождаются поступлением в экосистему легкорастворимых солей (при их отсутствии в нативных почвах). Сумма солей в верхних горизонтах нефтезагрязненных почв (хемоземов) варьирует в широких пределах: 0,35 %–1,12 % (эпицентр), 0,30 %–0,75 % (импактная зона), 0,41 %–0,63 % (граница разлива нефти), обусловливая явление солончаковатости. Между содержанием легкорастворимых солей и нефтепродуктами в загрязнённых почвах установлена прямая корреляционная связь ($r= 0,87$, при $p=0,91$). Степень засоления хемоземов изменяется в интервале от слабой до средней. Во всех зонах техногенной нагрузки произошло значительное увеличение содержания хлорид-ионов (от 0,8 до 2,11 мг-экв/100 г. почвы) и натрия (от 1,5 до 5,95 мг-экв/100 г. почвы), с образованием соединений токсичных солей – $NaCl$ и Na_2SO_4, $MgCl_2$. В условиях гумидного климата на техническом этапе ремедиации засоленных почв предлагается применять систему канав с последующим вымыванием легкорастворимых солей талыми водами.

На протяжении последних десяти лет неоднократно предлагались технологии рекультивации техногенно-засоленных участков нефтяных месторождений.

Перспективным казался метод полива загрязненных земель пресной водой с последующей откачкой и вывозом на полигоны. Данный метод имеет отработанную практику и в основном используется на землях сельскохозяйственного назначения.

Однако технические регламенты, включающие полив техногенно засоленных участков, имеют некоторые специфические особенности: норма полива 5л/1м2 не способна существенно снизить концентрацию токсичных водорастворимых солей в верхнем слое почв и сопоставима с естественным количеством осадков. Сбор воды после полива почвы специализированным автотранспортом предусматривает последующий вывоз загрязненных вод, что обусловливает дополнительную статью затрат и делает данный метод крайне дорогостоящим и трудозатратным.

Механическая обработка почвы. Является техническим способом рекультивации. Не применим в условиях сильно заболоченной местности. На верховых болотах заменятся фрезерованием почвы. При механической обработке верхнего слоя почвы ускоряется поверхностных вынос водорастворимых солей, улучшается аэрация почвы, что является положительным фактором для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов.

Гипсование. Гипс активно включается в формирование почвенный поглощающий комплекс, заменяя натрий (катионно-анионный обмен). Количество гипса следует вносить только после проведения КХА почв.

Токсичные соли в корнеобитаемых горизонтах почв можно удалить, используя метод срезки засоленного грунта с последующим вывозом с участка. Данный способ восстановления нарушенных земель требует применения спецтехники – землеройного и грузового автотранспорта, что делает такой подход весьма дорогостоящим и практически неэффективным на органогенных почвах и больших территориях. Кроме того, необходимо узаконить размещение засоленного грунта на полигонах. Вывезенные объемы почв необходимо восполнить чистым грунтом (торфом, песком). Такой подход также неэффективен по причине накопления солей в нижележащих горизонтах почв, которые в дальнейшем могут спровоцировать процессы вторичного засоления.

Подготовительные мероприятия являются важнейшим этапом восстановления участка, при планомерном и своевременном графике производимых работ обеспечивают наиболее эффективный результат в процессе последующих стадий восстановления почвенных экосистем. Основной целью подготовительного этапа является расчистка участка от усыхающего и мертвого древостоя, завалов из срубленной ранее и сваленной в кучи древесины, строительного и бытового мусора и обвалование со стороны возможного повторного загрязнения нефтью и минерализованными водами, при условии, если она не проведена в ходе мероприятий по ликвидации аварийных разливов нефти. Не допускается выжигание и засыпание нефтяных пятен песком.

На территории участка, в соответствии с ГОСТ, закладывается почвенный разрез. Из слоев почвы толщиной (от дневной поверхности) 0-20 с до глубины залегания грунтовых вод отбираются пробы для химического анализа, отбираются пробы грунта (в водоемах и на залитых водой участках – пробы донных отложений) массой не менее 1 кг. Кроме того, отбираются пробы воды из водоемов (залитых водой участков) для химического анализа.

При высоком уровне засоления почво-грунтов, в замкнутых локальных микропонижениях рельефа, а также на переувлажнённых участках с обилием грунтовых вод, эффективным является устройство открытых дренажных систем/ каналов. Для устройства дренажных каналов производится оконтуривание засоленного участка перехватывающими каналами, с учётом уклона рельефа согласно разметке на местности. Для открытого дренажа, в основном используют траншеи шириной 50 см и глубиной 70 см, чтобы предотвратить осыпание стенок без дополнительной защиты, их делают под углом 25-40 градусов. Промывные и грунтовые воды из каналов отводятся в подготовленные в пониженных зонах участка приямки, и затем откачиваются в ассенизаторские машины с последующим вывозом собранной воды на объекты подготовки нефти для закачки в пласт (через систему ППД). На замкнутых локальных и обводнённых участках, где отсутствует или существенно ограничен естественный поверхностный сток, для восстановления почвы обеспечивается удаление грунтовых вод, содержащих водорастворимые соли, в том числе с использованием водоотводных канав и дренажных систем.

Фрезерование соленасыщенного участка высокооборотистой фрезой, рыхление и гипсование закрепленной. Для фрезерования используют гусеничные проходимые вездеходы (для твердых поверхностей), либо фрезой культиваторного типа, устанавливающейся на базе болотоходов (для топких, болотистых мест). Фрезерование является мощным регулирующим фактором, стимулирующим процесс рассоления почвы. Механическая обработка верхнего слоя почвы ускоряет поверхностный вынос водорастворимых солей, улучшает аэрацию почвы, стимулирует поселение почвы растительностью, является положительным фактором для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов. Фрезерование позволяет произвести перемешивание засолённого горизонта с карбонатным слоем почвы, образованным путем накопления легкорастворимых солей на поверхности почвы. Фрезерование целесообразно совмещать с внесением полного комплекса необходимых компонентов: гипса, микробов-деструкторов, а также фитомелиоративными мероприятиями. Производится с одновременным внесением гипса ($CaSO4x2H2O$) семян трав-индикаторов и культуры микробов-деструкторов (в случае наличия превышения концентрации нефтепродуктов). Внесение гипса во время фрезерования позволяет удалить из почвы избыток обменного натрия и хлоридов, отрицательно влияющих в первую очередь на физические свойства почвы. В результате гипсования натрий и хлориды, растворённые в почве, замещаются кальцием, в итоге улучшаются физические, физико-химические и биологические свойства почвы, что благоприятно сказывается на плодородии корнеобитаемого слоя.

Важным критерием при выборе удобрений является величина pH почвенного раствора:

– Кислая реакция почв (pH менее 5,5 ед.) – внесение мела или извести;

– Нейтральная реакция почв (pH от 5,5 до 8,5 ед.) – внесение гипс;

– Щелочная реакция (pH более 8,5 ед.) – необходима обработка серой, серной кислотой, внесение сульфата алюминия/сульфата железа.

На площади восстанавливаемого участка проводятся работы по посеву многолетних трав с разветвленной корневой системой, способствующей ускорению разложения углеводородов.

В этом способе в начале осуществления биологического этапа рекультивации земель галофиты высевают в чистом виде, а в последующие годы осуществляют смешанный посев галофитов и нефтестойких трав, изменяя их соотношение в течение нескольких лет, а затем осуществляют полную замену галофитов нефтестойкими культурами для сдачи рекультивированных участков комиссии. Посев растений галофитов также позволяет провести оценку фактического зарастания участка травянистой растительностью, что является подтверждением положительной динамики рассоления почв и восстановления их плодородия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Солнцева Н.П.* Эволюционные тренды почв в зоне техногенеза / Н.П. Солнцева // Почвоведение. – 2002. – № 1. – С. 9–20.

2. *Геннадиев А.Н.* Нефть и окружающая среда / А.Н. Геннадиев // Вестник Московского университета. – Серия 5. – География. – 2016. – № 6. – С. 30–39.

3. *Nosova M.V.* Transformation features of the main physicochemical and physical parameters of oil-contaminated alluvial soils in humid soil formation environment (Western Siberia) / M.V. Nosova, V.P. Seredina, I.M. Fedorchuk //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 723. – P. 1–6.

4. *Nosova M.V.* Main Trends in Morphological Properties of Alluvial Soils under Conditions of Local Pollution with Oil Emulsions (Western Siberia) / M.V. Nosova, V.P. Seredina, A.S. Rybin //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 723. – P. 1–7.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ПОТОКА ЖИДКОСТИ В ЛУПИНГЕ

SIMULATION OF A FLOW OF LIQUID IN A LOOPING

С. В. Артемчук[1,2], Е. П. Черевань[1,2]

S. V. Artsiamchuk[1,2], E. P. Cherevan[1,2]

[1]Белорусский государственный университет, БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
[2]Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
et@iseu.by,artemchuk56@mail.ru

[1]Belarusian State University, BSU, Minsk, Republic of Belarus
[2]International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Выполнено моделирование течения потока жидкости в лупинге на трехмерной модели исследуемого участка трубопровода. Проведено численное моделирование течения с использованием программного пакета ANSYS CFX. Получены распределение полного (статического) давления по трубопроводу, векторное поле скоростей и зоны турбулентности.

Modeling of the fluid flow in the looping was performed on a three-dimensional model of the use of a pipeline section. Numerical simulation of the structure was carried out using the ANSYS CFX package. Obtaining the total (static) pressure through the pipeline, the vector field of velocities and the turbulence zone.

Ключевые слова: лупинг, моделирование, поле скоростей, зоны турбулентности.

Keywords: looping, modeling, velocity field, turbulence zones.

https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-278-281

Моделирование течений потока с помощью инструментов ANSYS CFX, получение анимации исследуемых явлений, а также результаты исследований в формате изображения используются для решения конкретных практических задач снижения гидравлических потерь и как следствие повышения энергетической эффективности трубопроводных систем.

При решении различных проблем часто приходится встречаться с вопросом о движении различных жидкостей, а также с вопросом о силовом (механическом) воздействии жидкости на те или другие поверхности и на обтекаемые ею твердые тела. Метод технической гидродинамики, согласно которому, как правило, не рассматривается распределения давлений и скоростей в отдельных точках пространства, основан на использовании некоторых осредненных и суммарных (интегральных) характеристик потока. Другой метод математической гидродинамики дает возможность представить поток в виде скалярного поля давлений и векторного поля скоростей, что позволяет определять интересующие нас величины давлений и скоростей, относящимися к отдельным точкам пространства. При решении практических задач приходится сочетать приемы технической гидродинамики жидкости с приемами математической механики жидкости.

Методика преподавания дисциплины «Механика жидкости и газа» использует приемы технической механики жидкости с приемами математической механики жидкости. Раскрывая сущность интегральных зависимостей, относящихся к технической гидродинамике, дает возможность получать точечные характеристики потока, подробно изучаемыми в математической гидродинамике [1].

Моделирование течения потока жидкости в лупинге (вспомогательный трубопровод, присоединяемый параллельно к основному трубопроводу на некоторой длине с целью увеличения пропускной способности) позволяет снять трудности в понимании внутренних процессов, протекающих в трубопроводах при течении жидкости. С этой целью была создана трёхмерная модель участка трубопровода с лупингом на которой проведено численное моделирование течения жидкости.