**К вопросу рекультивации нефтезагрязненных земель на верховых болотах**

Зубайдуллин А.А.

Как известно, большая часть имеющихся в Нижневартовском районе нефтезагрязненных земель приходится на сфагновые верховые болота с мощным слоем торфяной залежи. И именно на этих землях применение традиционных технологий рекультивации и обычных технических средств, как показывает современная практика, не только не приносит положительных результатов, но в ряде случаев даже способствует замедлению начавшихся естественных процессов самовосстановления.

В первую очередь, это обусловлено недооценкой природных особенностей указанных биотопов: их высокой обводненностью, слабонесущей способностью поверхности и, главное, своеобразием почвенно-растительного комплекса, создающими вкупе существенные трудности для применения типовых схем рекультивации нефтезагрязненных земель.

Уточним, что под словом "рекультивация" здесь подразумевается весь комплекс работ, проводимый на нарушенной территории и включающий в себя: сбор и нейтрализацию нефтяной органики, восстановление плодородия почвы и создание стабильного растительного покрова. Следующей наиболее распространенной причиной отрицательных результатов при рекультивации всех без исключения нефтезагрязненных участков, включая и расположенные на верховых болотах, является игнорирование (по незнанию, по меркантильным и другим соображениям) этапности действия природных механизмов разложения нефти на земной поверхности. Для нашего региона выделяют три основных этапа естественного разрушения нефти на земной поверхности [1] (рисунок 1):

I этап - длится в среднем 1,5 года. Здесь преобладают физико-химические процессы, включающие проникновение нефти вглубь почвы, испарение легких фракций, вымывание, окисление атмосферным кислородом и фотохимическое разложение нефтяных углеводородов. Концентрация нефти в почве за этот период снижается на 40-50%.

II этап - длится 3-4 года после окончания первого. Здесь разложение нефти происходит под воздействием почвенных углеводородокисляющих микроорганизмов, численность которых при этом увеличивается в 25 раз. Происходит разрушение метано-нафтеновых фракций, являющихся самыми токсичными компонентами нефти для растений и почвенных животных.

III этап - начинается через 4,5-5 лет после разлива нефти и длится до ее полного разрушения. Этап характеризуется микробиологическим разложением остальной менее токсичной части углеводородов и смолисто-асфальтеновых компонентов, которые образуют на загрязненной поверхности сплошные жесткие корочки - так называемые киры. Фактически, уже в самом начале этапа возможно возобновление некоторых видов растений, устойчивых к повышенному содержанию нефти в грунте. Но их появлению препятствуют киры, которые не позволяют воздуху проникать в корнеобитаемый слой торфа, вызывая своеобразное удушье растений и почвенных животных. С химической точки зрения, полностью процесс естественного разрушения нефти заканчивается не менее чем через 25 лет, однако токсические свойства нефти исчезают уже через 10-12 лет, продукты ее разложения частично включаются в почвенный гумус, частично растворяются и удаляются из почвенного профиля.

Собственные исследования, проведенные в летний сезон 1996г. на территории Ватинского месторождения нефти (ОАО "Славнефть-Мегионнефтегаз"), подтвердили наличие этапности естественной деградации нефти и на загрязненных участках верховых болот. Наблюдения проводились на трех однотипных участках, представляющих биоценоз грядово-мочажинного верхового болота, которые в разное время были подвергнуты нефтяному загрязнению: относительно свежий разлив 1994г., давний - 1989г. и старый - 1985г. Сроки аварий были подобраны с учетом уже указанных этапов физико-химической и микробиологической деструкции нефтяных углеводородов и связанных с ними стадий самовосстановления нарушенных фитоценозов. Однако длительность каждого из них, как показало полевое обследование, в условиях верховых торфяников превышает приведенные (применительно для дренированных участков) в 1,5 - 2 раза, что обусловлено спецификой торфяных болотных почв (низкие внутрипочвенные температуры, недостаток кислорода и минеральных веществ).

Только с учетом всего вышеперечисленного мы можем правильно выстроить ход рекультивационного процесса, оптимально задействуя и используя все существующие природные механизмы самоочищения, и получить значительный эколого-экономический эффект, если этот термин уместен в данном случае. Этот эффект достигается за счет двух показателей:

- существенного сокращения периода очищения и восстановления нарушенных участков до исходных состояний;

- снижения общих материальных затрат на рекультивацию.

Теперь непосредственно о наиболее типичных ошибках допускаемых при проведении рекультивационных работ на нефтезагрязненных участках болот. Сплошь и рядом можно наблюдать, как при ликвидации свежих разливов нефти в первые два года применяются следующие мероприятия:

1) засыпка загрязненных участков песком и торфом,

2) перепахивание или рыхление поверхности сельхозорудиями (бороны, плуги и т.д.) и гусеницами вездеходов,

3) внесение нефтеокисляющих микроорганизмов.

К сожалению, каждое из указанных мероприятий является фактически бесполезной тратой сил и средств с экологической точки зрения. Более того, в большинстве случаев природе оказывается своеобразная "медвежья услуга", в результате которой болотным экосистемам наносится гораздо больший ущерб, нежели непосредственно от самого разлива нефти.

Так, выполнение первых двух мероприятий приводит лишь к временному облагораживанию уродливого пейзажа и достижению приемлемых концентраций нефти в "верхнем" (привозном или вывернутом нижележащем) слое почво-грунтов согласно требований природоохранной инспекции. На самом же деле происходит захоронение и консервация нефти в нижележащих обводненных слоях торфа, где наблюдаются низкие температуры и нехватка свободного кислорода. Например, при движении по нефтезагрязненной поверхности болота тяжелых гусеничных болотоходов типа ГПЛ, "Витязь" и др., происходит продавливание и захоронение нефти в торфяной залежи на глубине до 50 см. А при естественном распределении нефти по поверхности загрязняется в среднем 5-10-ти сантиметровый слой торфяной залежи. Все это выводит остаточную нефть на несколько лет из-под действия естественных физико-химических механизмов разложения (атмосферного кислорода и солнечного света), а следовательно существенно замедляется общий ход восстановления устойчивого почвенно-растительного покрова. При этом также полностью разрушается (засыпается или сдирается гусеницами) существующий растительный покров, который мог бы сохраниться на отдельных повышениях и кочках и быть источником расселения растительности на загрязненных землях в последующие годы.

Нецелесообразным на данном этапе является и применение нефтеокисляющих микроорганизмов (бакпрепаратов), так как большая часть их погибает вследствие острой токсичности свежеразлитой нефти. Кроме этого, в процессы биоразложения в первую очередь вовлекаются более легкие фракции нефти (своеобразные "сливки"), которые и так бы быстро разрушились под воздействием атмосферного кислорода и солнечного света.

Таким образом, ускорять естественные процессы разрушения остаточной нефти и тем самым сокращать время, требуемое для восстановления исходного растительного покрова целесообразно лишь по прошествии полутора-двух лет с момента аварии (на II и III этапах).

Однако это не значит, что свежими разливами не надо заниматься. Просто здесь все усилия необходимо направить на надежную локализацию разлива нефти в пределах минимально возможной площади и сбор максимально возможного количества нефти. Современные технические средства позволяют собирать до 70 %, а при благоприятных природных условиях до 90 % разлитой нефти [2].

На болотах локализация разливов осуществляется, как правило, либо созданием по периметру разлива мощной торфяной обваловки (используются болотоходы типа "КАРТ"), либо отрыванием направляющих траншей и борозд к общей приемной яме, либо установкой мобильных боновых заграждений (последнее к сожалению не практикуется). Сбор нефти производится с использованием обычной откачивающей техники и специализированных нефтесборщиков. Эффективно на болотах и применение для сбора нефти из межкочковых углублений и других труднодоступных мест ранцевых вакуумных насосов, как отечественного, так и импортного производства. Основным условием должно быть минимальное перемещение техники и людей по рекультивируемой поверхности, особенно, по сохранившимся участкам живой растительности.

Наиболее приемлемым методом для тщательного сбора остаточной нефти, по собственному опыту проведения таких работ, является метод принудительной отмывки почв и растительного покрова от нефти водой. Это достигается либо полным заводнением загрязненного участка на непродолжительный период, либо его периодическим дождеванием поливальными установками (мотопомпы, лесопожарные машины). Эффективность работ по нефтеотмывке участка существенно увеличивает применение разрешенных поверхностно-активных веществ.

При небольших объемах разлитой нефти эффективным мероприятием является использование сорбентов, в частности торфяных матов (удерживающая способность 1 м2 в зависимости от технологии изготовления составляет от 10 до 40 кг нефти при 12-15-тикратном использовании). Такие маты удобны для быстрого развертывания на свежих разливах и, что самое главное, удобны при последующем их сборе для утилизации, в отличие от рассыпных видов сорбентов [2]. Кстати, имеются несложные отечественные технологии массового производства таких матов на местах. Уникальные сорбционные свойства имеет и природный минерал - вермикулит, значительные запасы которого имеются в нашем горном Зауралье.

Можно порекомендовать и использование биопрепаратов, содержащих готовые ферменты, разрушающие нефтяные углеводороды. Например, отечественный препарат "Белвитамин" (г.Уфа).

Весьма эффективным и полезным мероприятием является мульчирование загрязненной поверхности, с помощью лесопожарных грунтометов, тонким слоем (3-5 см) высушенной торфяной (сфагновой) крошкой. Данное мероприятие производится после сбора основной массы разлившейся нефти, что способствует снижению на участке остаточной концентрации нефти за счет высоких сорбционных способностей торфяной крошки и улучшению гидротермических и микробиологических показателей на рекультивируемой поверхности.

На протяжении всего первого этапа до начала следующей стадии рекультивации должны вестись работы по периодической, а не разовой, откачке нефтепродуктов с мест их накопления (сборные приямки, межкочковые углубления и др.).

Обязательным условием перед проведением следующей стадии рекультивационных работ должна стать надежная гарантия защиты рабочего участка от повторного нефтяного загрязнения, сводящего на нет все прикладываемые усилия (защитные дамбы, траншеи и др. мероприятия).

После максимальной очистки болотной поверхности от свободной нефти и снижения ее общей токсичности процессы естественного разложения нефти могут быть значительно ускорены при правильной организации работ по активизации микробиологического этапа. На этом этапе компоненты нефти, используемые в качестве источников питания нефтеокисляющими микроорганизмами, разлагаются до безвредных воды и углекислого газа.

Основными ошибками при проведении работ на этапе микробиологического разложения нефти (характерно для старых разливов), кроме упомянутой езды по рекультивируемой поверхности тяжелой болотоходной техники, являются:

1) проведение работ без предварительного обследования загрязненного участка с отбором проб торфа для химического анализа на содержание нефтепродуктов, минеральных солей и определения его кислотности и разбивки участка на части по степени их замазученности и доступности, требующих различных методов рекультивации,

2) неправильный расчет и внесение минеральных удобрений, раскислителей и бактериальных препаратов,

3) отсутствие работ по аэрации рекультивируемой поверхности и повторной обработке сильнозагрязненных участков.

Как правило, основной причиной перечисленных ошибок является отсутствие на предприятиях специалистов-экологов, обладающих соответствующими знаниями и навыками в сферах биологии и экологии. Кроме этого, зачастую из-за экономии средств проводится неполный комплекс рекультивационных мероприятий. Например, отказ от внесения удобрений и раскислителей, рыхления или дождевания рабочих участков и т.д. В результате таких половинчатых усилий мы имеем немалые затраты материальных и людских ресурсов при полном отсутствии каких-либо действенных результатов.

Что мы рекомендуем на данной стадии работ?

Нанесение на рекультивируемую поверхность методом дождевания расчетных количеств минеральных удобрений и раскислителя, необходимых для бурного роста имеющихся в торфе нефтеокисляющих микроорганизмов, а также аэрации верхних горизонтов торфа падающей водой. Рекомендуемые дозировки минеральных элементов, в зависимости от степени трофности болотного участка, составляют: азота (N) - 14-35 кг/га, фосфора (Р) - 5-12 кг/га, калия (К) - 11-27 кг/га. При применении комплексного удобрения "Нитроаммофоска 17-17-17", содержащего все указанные компоненты, норма внесения составляет 80-200 кг/га [3]. Количество раскислителя расчитывается по формуле:

Д=0.05 x Н x d x h,

  где Д - норма внесения карбоната кальция в т/га,

  Н - гидролитическая кислотность почв в мг-экв/100 г,

  d - плотность почвы в г/см3,

  h - глубина известкуемого слоя почвы в см.

Процессы разложения ускоряются в несколько раз при внесении накопленных и активизированных культур нефтеокисляющих микроорганизмов. Здесь могут быть использованы как аборигенные виды микроорганизмов, что наиболее предпочтительнее, так и промышленно наработанные бакпрепараты типа: "Путидойл", "Валентис", Деваройл" и др.

Особое внимание здесь должно уделяться точному расчету количеств вносимых компонентов, в частности, минеральных удобрений, поскольку негативное влияние на скорость разложения остаточных нефтепродуктов будет оказывать как их недостаток, так и избыток. Также опасен смыв больших количеств минеральных удобрений в естественные водотоки, которые могут вызвать гибель живого населения последних.

Не менее важным на данном этапе является разрушение смолисто-асфальтеновой корочки на рекультивируемой поверхности и аэрация почвы без переворачивания торфяной залежи. Это является необходимым условием для нормального возобновления мохово-травянисто-кустарничкового покрова и позволяет избежать возможного захоронения нефти в торфянной массе. Рекомендуется создавать гривистый рельеф болотной

поверхности путем устройства борозд по принципу раздвигания торфов клинообразным устройством, агрегируемым либо шагающим болотоходом, либо болотоходом на пневматическом ходу. По вновь созданным торфяным валам и гривам, за счет уменьшения их влажности и большей продуваемости (аэрации), будет происходить интенсивное естественное заселение пионерной травянистой (иван-чай, вейники, злаки и др.) и древесной растительности (береза, ива и сосна).

Ответственным является и следующая стадия рекультивации - работы по восстановлению стабильного растительного покрова на нейтрализованной поверхности. Ведь это является главным и надежным экологическим показателем качества выполненного рекультивационного комплекса работ.

Стадия фитомелиоративных работ на болотах - также требует пересмотра традиционных подходов, поскольку болотная растительность очень специфична в силу своего произрастания на увлажненных и бедных по минеральному составу торфяных почвах. К типичным ошибкам при проведении данной стадии рекультивации относятся:

1) посев нехарактерных видов трав, обычно луговых - костра, мятлика, клевера и др., либо посадка черенков и саженцев деревьев,

2) внесение минеральных удобрений,

3) проезд по участку гусеничной техники.

Здесь для специалиста-эколога сразу очевиден вывод: на обводненном верховом болоте будет расти только болотная или водная растительность, хотелось нам бы этого или нет. Поэтому к посеву должны приниматься только болотные виды трав. Из типичных и распространенных болотных трав, достаточно устойчивых к повышенному содержанию нефтепродуктов в торфяных почвах, рекомендуется использование рогоза, осок и пушицы. Выбор каждого вида определяется степенью обводненности и трофности конкретного болотного участка, определение которых не составляет труда для специалиста-эколога при визуальном обследовании участка.

Сбор семян указанных видов трав может производится организациями на местах, однако в этом случае перед их применением необходимо их стратифицировать, т.е. продержать зиму в торфе под снегом. Они могут также закупаться у специализированных организаций. Рекомендуется также разбрасывание по участку характерного мохового очеса (обычно сфагнового), собираемого в середине лета на подобных ненарушенных болотах для занесения спор мхов. По гривам можно посоветовать посев семян сосны. Нецелесообразным является посадка черенков и саженцев деревьев. Их приживаемость на болотах едва ли составит и десятые доли процента.

Следующим моментом должен быть отказ от внесения минеральных удобрений, здесь они излишни. Болотная растительность приспособлена к бедной торфяной почве, так зачем лишние затраты?

Про езду вездеходов уже говорилось выше. Происходит сдирание верхнего корнеобитаемого слоя торфа и процесс восстановления растительного покрова, как правило, отодвигается на несколько лет.

Особо хочу остановиться на рекультивации нефтезагрязненных участков болот возрастом свыше 12-14 лет. Здесь самым лучшим методом будет, как это не покажется странным, отказ от деятельности (за исключением одного-двух мероприятий), особенно если на месторождении еще имеются нерекультивированные участки более "молодого возраста".

Собственные исследования ряда подобных участков позволяют говорить о том, что почва на них не токсична для большинства видов растений, восстановление которых наблюдается повсеместно, где разрушена асфальтеновая корка. Концентрация имеющихся нефтяных углеводородов, как правило, не превышает порога токсичности - 15% весового содержания, установленного автором на основании анализа почвенных образцов.

Единственно рекомендуемым мероприятием для таких участков является механическое разрушение поверхностной корки без нарушения верхних торфяных слоев. Это возможно при использовании пожарных брандсбойтов (разбивание корки струей воды). При этом происходит и аэрация корнеобитаемого слоя. Посев семян и разбрасывание мха возможны, но вряд ли целесообразны из-за наличия естественной растительности.

Обобщая все вышесказанное, можно говорить о том, что восстановление нефтезагрязненных участков верховых болот возможно сократить с двух-трех десятков лет, которые потребовались бы в случае естественного протекания процессов их самовосстановления, до 1-3 лет (рисунок 2). Это напрямую зависит от соблюдения следующих основных условий:

- учета природной этапности разложения нефти;

- правильности выбора рекультивационных технологий для каждого конкретного нарушенного участка и их осуществление в полном объеме;

- максимального использования естественных механизмов самоочищения природы;

- минимально возможной технической нагрузки на рекультивируемую поверхность болот.

**Список литературы**

1. Оборин А.А., Калачникова И.Г., Масливец Т.А. и др. Самоочищение и рекультивация нефтезагрязненных почв Предуралья и Западной Сибири //Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. -М.: Наука, 1988.

2. Вавер В.И. Рекультивация земель, загрязненых нефтью. //Биологические ресурсы и природопользование. Вып. 1 - Нижневартовск. 1997.

3. Регламент рекультивации нефтезагрязненных земель НГДУ "Приобьнефть". - Нижневартовск, 1993.