

УДК 621.643.004.502.3

ЗАЩИТА БОЛОТНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПРИ АВАРИЯХ НА НЕФТЕПРОВОДАХ

канд. техн. наук, доц. В.К. ЛИПСКИЙ, канд. техн. наук, доц. Л.М. СПИРИДЁНОК,
Д.П. КОМАРОВСКИЙ
(Полоцкий государственный университет)

Рассматривается новая классификация болотных ландшафтов по признакам опасности воздействия на них залповых сбросов нефти и условиям проведения мероприятий по ликвидации последствий аварий. Приводятся типовые технологические схемы проведения работ по ликвидации последствий аварий на болотных ландшафтах.

Введение. Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов занимает важное место в экономике республики и обеспечивает снабжение энергоресурсами и сырьем ряд отраслей экономики. В то же время магистральные нефтепроводы являются опасными производственными объектами. Аварийные ситуации на магистральных нефте- и нефтепродуктопроводах (далее – МНП) могут сопровождаться одновременными разливами большого количества нефти или нефтепродукта (далее – нефть). Такие аварии, характеризующиеся залповыми сбросами нефти, наносят тяжелый урон всем компонентам окружающей среды: почве, атмосфере, гидросфере и биосфере [1]. По территории Республики Беларусь проложено более 1231,5 км технических коридоров нефтепроводов (3612,5 км в одностороннем исчислении) [2].

К настоящему времени наиболее полно рассмотрена и решена проблема защиты водных объектов при авариях на нефтепроводах [3 – 7]. В то же время магистральные нефтепроводы являются подземными линейно протяженными объектами, занимающими тысячи погонных километров земли, которая практически всегда попадает под воздействие разлившейся нефти. При этом наиболее уязвимыми с точки зрения тяжести экологических последствий от воздействия разливов нефти и наиболее сложными с точки зрения организации работ по локализации и ликвидации последствий разливов являются такие специфические элементы поверхности земли, как болотные ландшафты. Общая площадь торфяных месторождений Беларуси исчисляется 2,5 млн. га, что составляет 12,4 % от всей территории республики [8]. В общей протяженности технических коридоров магистральных нефтепроводов болотные ландшафты составляют приблизительно 12,2 %. Данные по заболоченности трасс нефтепроводов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Заболоченность нефтепроводов

Наименование нефтепровода	Протяженность технического коридора, км	Заболоченность нефтепровода	
		км	%
Унеча – Мозырь I, II	183	23,8	13
Мозырь – Брест I, II, III	441	46,7	10,6
Унеча – Полоцк I, II	380	38,6	10,1
Полоцк – Вентспилс, Полоцк – Биржай – Мажейкяй	112,5	10	8,9
Сургут – Полоцк	83	31,5	38

В качестве примера можно привести трассы нефтепроводов НПТН «Дружба» Сургут – Полоцк и Полоцк – Скрудалиена. Заболоченность трассы Сургут – Полоцк составляет около 38 %; большей частью преобладают заболоченные участки протяженностью 50...300 м; глубина торфа составляет 0,5...2,0 м, на отдельных участках – до 7...8 м. Трасса Полоцк – Скрудалиена в основном обходит торфяные месторождения – так, при длине трассы 120 км участки болота на ней занимают всего 6880 м, что составляет 6 %. Максимальная непрерывная протяженность торфяных месторождений по трассе не превышает 500 м, глубина залежей торфа на отдельных участках достигает 8 м, в среднем же глубина залежей колеблется в пределах 1,5...2 м. Следует отметить, что болота по трассе нередко расположены в пойме рек и при аварийных разливах нефти может произойти быстрое распространение загрязнения на большие расстояния. Этот пример показывает, что в случае аварий на МНП вероятность загрязнения нефтью болот велика и требует особого внимания при ликвидации последствий разливов нефти.

Опасность загрязнения болот связана не только с тем, что они сами подвергаются воздействию разлившейся нефти, но и с тем, что попавшая в них нефть может вызывать серьезное, неконтролируемое загрязнение крупных водных объектов, гидрологически связанных с пострадавшим болотом.

В настоящее время надежных рекомендаций по локализации и ликвидации нефтяных загрязнений болот практически не существует.

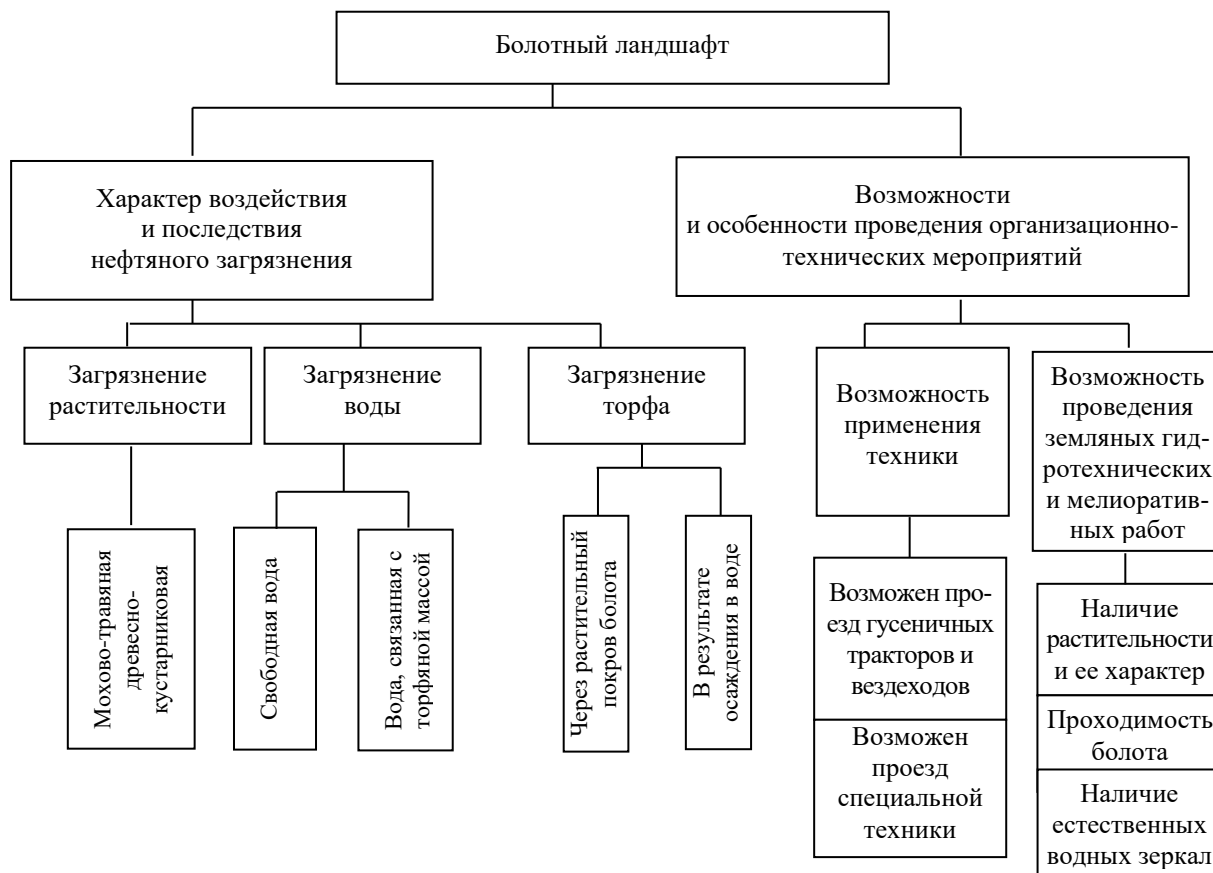
Выбор признаков классификации болотных ландшафтов. Защита болотных ландшафтов, направленная на минимизацию негативных последствий загрязнения болот при авариях на МНП, должна строиться с учётом особенностей всех существующих разновидностей болот. С одной стороны, болота как элементы геоландшафта являются объектами негативного воздействия разлившейся нефти, характер и последствия которых зависит от вида болота. С другой стороны, они являются площадками, на которых в специфических условиях болотных ландшафтов должны осуществляться послеаварийные мероприятия по минимизации последствий аварий с использованием разнообразных транспортных и земельных машин и других технических средств.

Болота представляют собой экологические системы, характеризующиеся сочетанием ряда элементов земной поверхности, водоемов, лесов и лугов. Разнообразие большого количества находящихся в сложном взаимодействии факторов, влияющих на зарождение и эволюцию болотных ландшафтов, обусловили существование многочисленных разновидностей болотных ландшафтов, характеризуемых рядом признаков. На основе этих признаков разработаны различные классификации болот и торфяных месторождений [9, 10]. Самые распространенные из них – ботаническая классификация (по типу и флористическому составу растительного покрова); гидрологическая (по условиям водного питания); торфяно-земельная (по типу и строению торфяной залежи); классификация по условиям начального происхождения болот (водного и суходольного); геоморфологическая классификация (по сопряженности с различными элементами рельефа суши); классификация по несущей способности и проходимости машин и др. Каждая из известных классификаций разделяет болота лишь по каким-либо определённым признакам и, как правило, не может отвечать всем разнообразным требованиям инженерной практики.

Для создания научно обоснованных рекомендаций по защите болот от нефтяных загрязнений при авариях на нефтепроводах должна быть разработана новая классификация болотных ландшафтов, построенная на учёте тех признаков этих ландшафтов, которые оказывают заметное влияние на характер загрязнения болота и проведения на нём послеаварийных работ. Из всей совокупности признаков, присущих болотным ландшафтам, для создания новой классификации необходимо выделить две группы:

- признаки, влияющие на характер и последствия загрязнения болотных ландшафтов нефтью;
- признаки, определяющие условия проведения послеаварийных работ на болотных ландшафтах.

Совокупность признаков болотных ландшафтов, учитывающих характер загрязнения болот разлившейся нефтью и условий проведения послеаварийных работ, которые должны быть учтены при создании новой классификации, отражены на рисунке.



Структура условий загрязнения болотного ландшафта нефтью

Как видно из схемы (см. рисунок), характер и последствия загрязнения болотных ландшафтов при залповых сбросах нефти, условия проведения на них послеаварийных работ зависят от сочетания множества признаков, поэтому создание новой классификации является сложной научно-методической задачей, для решения которой необходимы учёт и объединение многих признаков, что требует использование ряда известных классификаций болотных микроландшафтов [9 – 11].

Зарождение и генезис болот происходит по одному из двух вариантов: водному и суходольному. В болота превращаются водоемы, акватория которых со временем полностью покрывается растительностью и в которых образуется торф.

Болотами также становятся лес или луг, подвергшиеся сильному увлажнению, приведшему к образованию торфа. Этот процесс может осуществляться в различных условиях:

1) равнинный рельеф и наличие на поверхности или близ нее водонепроницаемого слоя (обычно глины) ведут к постоянному избыточному содержанию влаги в верхнем горизонте грунта. Благоприятным условием для развития болот в этом случае является водонепроницаемый, так называемый орштейновый слой или слой сцементированной материковой породы. Под покровом елового и соснового леса появляется сфагнум, который, будучи насыщен водой, облекает стволы деревьев и прекращает доступ воздуха к их корням, в результате чего лесная растительность гибнет и на месте леса оказывается сфагновое или верховое болото;

2) процесс заболачивания часто развивается на месте вырубленного леса (или лесного пожара) не только в низинах, но и на возвышенных местах. Эти площади покрываются злаками, образующими при благоприятных условиях плотную дернину, которая препятствует возобновлению древесной растительности, способствует застаиванию влаги и образованию болота;

3) низинное болото может образовываться при затрудненном стоке весенней воды с поймы речных долин в русло реки;

4) заболачивание приречных низменностей происходит вследствие поднятия уровня воды в реке в результате устройства плотин как при затоплении участков суши водой с поверхности, так и из-за поднятия грунтовых вод;

5) заболачивание неширокой полосы у подножия склона речной долины может происходить вследствие выхода здесь грунтовых вод;

6) благоприятствуют образованию болот мелкие впадины и места выноса грунтовыми водами растворимых солей на водоразделах.

При заболачивании на суглинистых почвах развиваются евтрофные (низинные) и мезотрофные (переходные) болота, что определяется количеством и ритмикой поступления воды; на песчаных почвах образуются олиготрофные (верховые) и мезотрофные (переходные) пушицево-сфагновые, осоково-сфагновые и сфагновые болота, а при меньшей обводненности и уровне грунтовых вод больше 20 см от поверхности – древесно-сфагновые сообщества.

Болота подразделяются на верховые, низинные и переходные. Такое деление отражает особенности водного режима и характер растительного покрова, однако не позволяет оценить их участие в речном стоке. Для этой оценки необходимо знать геоморфологические условия залегания рельефа поверхности болотных массивов. По условиям залегания относительно рельефа болотные массивы можно разделить на две группы. В состав первой входят болотные массивы: плоско-водораздельного залегания; водораздельно-склоновые плоско-залегания; котловинного залегания.

Болота плоско-водораздельного залегания характеризуются тем, что они располагаются на обширных плоских водораздельных равнинах, покрывая сплошным слоем торфяные отложения (наиболее высокие точки речных водоразделов). Воды с них стекают в различных направлениях, поступая в разные речные бассейны. Характеристики этих болотных массивов сходны с характеристиками болот водораздельно-склоновоплоского залегания.

Для болот котловинного залегания, расположенных на междуречных водоразделах, характерно наличие стекания вод к болотному массиву со склонов котловины, окружающих болото. Такие массивы могут быть расположены в полностью замкнутых и бессточных котловинах, в проточных понижениях, в котловинах, в которых имеется сток вод по одному или нескольким ручьям-водоприемникам при отсутствии впадающих ручьев, и, наконец, в котловинах, впадинах и депрессиях с впадающими в них ручьями, но не имеющими руслового стока.

Во вторую группу входят болотные массивы: пойменные; террасные; болота староречий.

Пойменные, террасные болотные массивы и болота староречий, покрывающие поймы рек и террасные площадки характеризуются тем, что стекание вод с таких массивов происходит по всему фронту дренирования их рекой. Эти массивы имеют поверхность иногда горизонтальную, а чаще слабо наклоненную в сторону русла реки.

Классификация болот по признакам условий проведения на них послеаварийных работ, связанных с использованием техники, приводится в СНиП 2.05.06-85*. Магистральные трубопроводы [11].

Классификация болотных ландшафтов (по характеру их загрязнения залповыми сбросами нефти и условиям проведения послеаварийных работ). Рассмотренные признаки болотных ландшафтов оказывают сильное влияние на характер и последствия загрязнений при аварийных разливах нефти. Эти признаки учтены в известной классификации, которая исходит из генетического подхода, т.е. из рассмотрения наиболее важных сторон биофизического процесса зарождения и развития болотных массивов, обусловивших их современное состояние, структуру и свойства [9, табл. 2].

Таблица 2

Общая схема ландшафтно-генетической классификации болот

Геоморфологические условия залегания		Ландшафтно-генетическая структура болотных массивов					
В макрорельефе	В мезорельефе	болотные мезоландшафты		болотные макроландшафты			
		Классы мезоландшафтов по приуроченности к первичным морфологическим очагам заболачивания	Число типов по выделенным стадиям развития и ход развития	однородные по ходу развития		неоднородные по ходу развития	
одно-родные по фазам развития	неодно-родные по фазам развития			одно-родные по фазам развития	неодно-родные по фазам развития		
На водораздельных междуречных пространствах	Водораздельные, плакорного залегания. Водораздельно-склоновые, плакорного залегания	Представлены только болотными макроландшафтами		РС, ПС	РПС	РС, ПС	РПС
	Котловинного залегания	Замкнутых котловин Сточных котловин Сточных логов	ЦО ЦО ПО	Представлены только болотными мезоландшафтами			
В речных долинах, приозерных впадинах и котловинах	Террасные и притеррасные склоновые	Проточных котловин Проточных логов Пологих склонов Подножий склонов дельтовых	С ПО ЦО ЦО ЦО	РС, ПС	РПС	РС, ПС	РПС
	Пойменного залегания и речных плесов	Приозерных и речных пойм Речных плесов	ПО, ЦО ПО				
	Болота староречий	Старичных	Ход не установлен				

Примечание. Болотные микроландшафты, образовавшиеся от слияния мезоландшафтов на ранних стадиях развития, обозначены РС, на поздних – ПС, на ранних и поздних – РПС, центрально-олиготрофный ход развития обозначен ЦО, периферически-олиготрофный – ПО, смешанный – С.

На основе этой классификации все болотные ландшафты можно разделить по характеру их загрязнения при залповых сбросах нефти на шесть категорий (табл. 3).

Таблица 3

Категорирование болот по характеру загрязнения

Категория	Вид болотного ландшафта	Характеристика болотного ландшафта
1	2	3
I	Замкнутая котловина	Болота являются естественными локализаторами разлива нефти. Распространение загрязнения связанных с ним природных объектов практически не происходит или происходит крайне медленно
II	Слаботочная или сточная котловина, седловина	Болота с явно выраженным стоком. Распространение загрязнения связанных с ними природных объектов может происходить только по стоку, который можно перекрыть для предотвращения распространения нефти
III	Плоское понижение, всхолмленная равнина, пологий склон без водных объектов	Болота со сложной локализацией разлившейся нефти. Распространение загрязнения болота и связанных с ним природных объектов может быть довольно обширным

Продолжение табл. 3

1	2	3
IV	Озерная котловина	Болота являются естественными локализаторами разлива нефти, однако внутри этой экосистемы находится замкнутый водный объект (озеро), который может пострадать в результате аварии
V	Лощина, сточная ложбина	Болота с явно выраженным стоком. Загрязнение связанных с ним природных объектов может происходить по стоку из ложбины. Опасность заключается в том, что лощина, ложбина чаще всего связана с водными объектами
VI	Припойменная дренируемая, склоноватая к водному объекту местность	Болота со сложной локализацией разлившейся нефти и дренируемым ландшафтным положением. Распространение загрязнения может быть довольно обширным и происходить не только по болоту, но и водному объекту

Условия проведения работ по ликвидации последствий на болотных ландшафтах в наибольшей мере определяются возможностью использования техники, т.е. её проходимость на болоте. Известно, что в зависимости от этого признака болота делятся на три типа [11] (табл. 4).

Таблица 4

Классификация болот по проходимости

Тип	Характеристика болота
I	Болота, целиком заполненные торфом, допускающие работу и неоднократный проход болотной техники с удельным давлением 0,02...0,03 МПа или проход обычной техники с помощью щитов, сланей, обеспечивающих снижение удельного давления на поверхность залежи до 0,01 МПа
II	Болота, целиком заполненные торфом, допускающие работу и проход строительной техники только с помощью щитов, обеспечивающих удельное давление на поверхность залежи до 0,01 МПа
III	Болота, допускающие работу только с помощью специальной техники на понтонах или обычной техники с плавучих средств

По признакам болотных ландшафтов, представленных в табл. 2 и 3, с учётом их иерархии предложена новая классификация болотных ландшафтов, которая включает в себя три категории болот (табл. 5).

Таблица 5

Классификация болот по опасности воздействия и обеспечению защиты от загрязнения нефтью

Категория	Описание категории
I категория Припойменное болото	Болота со сложной локализацией разлившейся нефти и дренируемым ландшафтным положением. Распространение загрязнения может быть довольно обширным и происходить не только по болоту, но и по водному объекту. Болото может находиться также в лощинах и ложбинах, загрязнение природных объектов происходит по стоку из ложбины. Болото находится в водосборном бассейне главной реки. (Ландшафтное положение – припойменное, дренируемое, склоновое к водному объекту болота. Ландшафтное положение – лощина, сточная ложбина)
II категория Болото в плоском понижении Верховое болото	Болота со сложной локализацией разлившейся нефти. Загрязнение болота и связанных с ним природных объектов может быть довольно обширным. Поверхностного стока в главную реку нет. Болото находится в водосборном бассейне главной реки. (Ландшафтное положение – плоское понижение, всхолмленная равнина, верховое болото, пологий склон без водных объектов)
III категория Болото в котловине	Болота, находящиеся в котловине. Загрязнение связанных с ними природных объектов практически не происходит или происходит по стоку, который можно перекрыть, для предотвращения разлива нефти. (Ландшафтное положение – слабопроточная котловина, сточная котловина, седловина, замкнутая котловина)

Типовые технологические схемы аварийно-спасательных работ на болотных участках. В каждую из категорий болотных ландшафтов в приведенной классификации (см. табл. 5) включены болота, обладающие однородными признаками, позволяющими использовать типовые технологические схемы проведения послеаварийных работ (табл. 6).

Таблица 6

Типовые технологические схемы проведения послеаварийных работ

Категория болота	Характерные признаки болот	Типовые технологические схемы проведения послеаварийных работ
I категория Припойменное болото	Аварии, сопровождающиеся разливом нефти в болото, гидрологически связанное с водным объектом или находящееся на особо охраняемых природных территориях. Распространение загрязнения может происходить не только по болоту, но и по водному объекту	<ul style="list-style-type: none"> - провести вырубку растительности (при необходимости); - проложить временную дорогу для подъезда техники; - вырыть амбар, обеспечить его герметичность или развернуть резиноканевые резервуары для складирования собранной нефти; - установить боновые заграждения; - установить нефтесборные устройства; - применять нефтепоглотители (адсорбенты) для повышения эффективности действия бокового заграждения; - утилизировать растительность, загрязненную нефтью по берегу водотока и мелководью, а также обработать берега сорбентами и биоагентами; - произвести утилизацию сорбента. <p>В случае если водоток имеет трансграничный перенос, для уменьшения масштаба распространения загрязнений и непопадания нефти на сопредельные территории других государств рекомендуется обустроить стационарные пункты локализации и сбора нефти</p>
II категория Болото в плоском понижении. Верховое болото	Аварии, сопровождающиеся разливом нефти в болото, не находящееся на особо охраняемых природных территориях (по ландшафтному признаку: лощина, сточная котлована, седловина), с явно выраженным стоком к водоему	<ul style="list-style-type: none"> - произвести вырубку древесной растительности, и в случае необходимости проложить временную дорогу для подъезда землеройной и другой техники; - провести обваловку у стока котловины, лощины и т.п. по ходу движения нефти; - развернуть резиноканевые резервуары; - вырыть канаву вдоль обваловки для накопления нефти; - смыть (по возможности) водяной струей из шлангов в канаву нефть с травяной растительности и мхов на поверхности болота; - смыть биоагентами оставшуюся на поверхности болота нефть; - установить в канаве нефтесборное устройство и осуществлять сбор нефти (вместе с мехпримесями) из канавы в подготовленную емкость; - после удаления основного количества находящейся в канаве разлившейся нефти, если в ней существует водная поверхность, покрытая слоем нефти, на водную поверхность установить нефтесборное устройство и осуществить сбор слоя нефти с поверхности воды; - в случае попадания нефти в водоем, установить боновые заграждения с целью предупреждения ее растекания по водной поверхности; - установить нефтесборное устройство; - применять нефтепоглотители для повышения эффективности действия бонового заграждения; - срезать загрязненную нефтью растительность (камыш, мелкий кустарник) и утилизировать ее; - обработать сорбентом и биоагентами оставшуюся на поверхности болота нефть
III категория Болото в котловине	Аварии, сопровождающиеся разливом, нефти в болото (по ландшафтному признаку – замкнутая котловина), являющегося естественным локализатором разлившегося продукта и не находящегося на особо охраняемых природных территориях	<ul style="list-style-type: none"> - провести вырубку древесной растительности, и в случае необходимости проложить временную дорогу для подъезда землеройной и другой техники; - вырыть земляной амбар в понижении по ходу движения нефти; - смыть (по возможности) нефть с травяной растительности и мхов на поверхности болота водяной струей из шлангов в земляной амбар; - установить в земляном амбаре нефтесборное устройство и осуществлять сбор нефти (вместе с мехпримесями) из амбара в подготовленную емкость; - установить на водную поверхность нефтесборное устройство и осуществить сбор тонкого слоя нефти с поверхности воды после удаления основного количества находящейся в земляном амбаре разлившейся нефти, в случае если в нем существует водная поверхность, покрытая слоем нефти; - срезать загрязненную нефтью растительность (камыш, мелкий кустарник) и утилизировать ее; - обработать сорбентом и биоагентами оставшуюся на поверхности болота нефть

Создание новой классификации болотных ландшафтов и разработка на её основе типовых технологических схем проведения послеаварийных работ для каждой категории болотных ландшафтов позволило:

- выработать рекомендации по защите болотных ландшафтов при авариях на МНП;
- формализовать процедуры прогнозирования характера возможных аварий на участках трасс нефтепроводов, проложенных по болотам и разработки планов их ликвидации, обеспечивающих минимизацию экологических последствий [12, 13].

ЛИТЕРАТУРА

1. Липский В.К. Система защиты водных объектов от загрязнения при авариях на магистральных нефтепроводах Беларуси // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Сер. В. Прикладные науки. – 2002. – Т. 1, № 2. – С. 3 – 16.
2. Липский В.К., и др. Технические и ландшафтные характеристики магистральных нефте- и нефтепродуктопроводов Беларуси // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Сер. В. Прикладные науки. – 2004. – № 1. – С. 140 – 145.
3. Липский В.К. Методы оценки параметров системы защиты водных объектов при авариях на нефтепроводах // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Сер. В. Прикладные науки. – 2004. – № 1. – С. 16 – 24.
4. Липский В.К. Концепция моделирования воздействия магистральных нефтепроводов на окружающую среду при авариях // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Сер. Прикладные науки. – 2005. – № 3. – С. 23 – 35.
5. Комаровский Д.П., Липский В.К., Лурье М.В. Взаимодействие слоя нефти на поверхности потока с боновым загрязнением // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Сер. В. Прикладные науки. – 2002. – Т. 1, № 2. – С. 28 – 34.
6. Комаровский Д.П., Липский В.К., Лурье М.В. Повышение эффективности боновых загрязнений на водотоках // Транспорт и хранение нефтепродуктов: Науч.-информ. сб. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2003. – Вып. 6. – С. 14 – 16.
7. Липский В.К., Комаровский, Лурье М.В. Методы расчета и пути повышения удерживающей способности бонового загрязнения // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Сер. В. Прикладные науки. – 2005. – № 3. – С. 79 – 85.
8. Пидопличко А.П. Торфяные месторождения Беларуси. – Мн., 1961. – С. 192.
9. Иванов К.Е. Водообмен в природных ландшафтах. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. – 280 с.
10. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение / О.Л. Лисс, Л.И. Абрамов, М.А. Абетов и др.; Под ред. В.Б. Куваева. – Тула: гриф и К°, 2001. – 584 с.
11. СНиП 2.05.06-85*. Магистральные трубопроводы / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 52 с.
12. Инструкция по защите окружающей среды при авариях на нефтепроводах: Утв. конц. «Белнефтехим» 3.10.02, № 480. – Мн., 2002. – 135 с.
13. Методические рекомендации по разработке отраслевых регламентов защиты водных объектов и болотных ландшафтов при залповых сбросах нефти и нефтепродуктов на территории водосборных бассейнов: Утв. Минприроды 19.11.99, № 331. – Новополоцк: ПГУ, 2004. – 26 с.