

Оценка территорий районов водосбора как потенциальных загрязнителей реки Западная Двина

В.Е. Савенок, О.Н. Минаева, С.А. Чепелов

Учреждение образования «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова»

Техногенные чрезвычайные ситуации, связанные с аварийными разливами нефти и нефтепродуктов, приводят к загрязнению водных объектов. При выборе техники и технологии локализации и ликвидации аварийных разливов нефти необходимо учитывать различные характеристики водотока, характер течения, ширину реки, наличие крутых поворотов. Степень распространения и влияния нефтяного загрязнения на территорию зависит от ее приуроченности к определенным типам местности. Проведенные исследования с применением информационного моделирования нефтяного загрязнения районов водосбора и водных объектов позволяют оценить масштабы этого загрязнения. Полученные результаты дают возможность решать задачи, связанные с прогнозированием распространения нефтепродуктов в природной среде. Решение этих задач позволяет выбрать оптимальные технологии борьбы с аварийными разливами нефти и нефтепродуктов, что обеспечит минимизацию экологического ущерба в этих случаях.

Ключевые слова: аварийный разлив, масштаб, нефтепродукт, параметр, район водосбора, расчет, река, рельеф.

Assessment of the territories of the reservoir areas as potential river Zapadnaya Dvina pollutants

V.E. Savenok, O.N. Minaeva, S.A. Chepelov

Educational establishment «Vitebsk State University named after P.M. Masherov»

The technogenic emergency situations connected with emergency floods of oil and oil products lead to pollution of water bodies. While choosing the methods and technology of localisation and liquidation of emergency floods of oil it is necessary to consider various characteristics of waterway, character of the current, width of the river, presence of abrupt turns. Distribution and influence degree of oil pollution of the territory depends on certain types of the area. Findings of the conducted researches with the application of information modelling of oil polluted areas of the reservoir and water bodies make it possible to estimate scale of this pollution. The received results give the chance to solve the problems connected with forecasting the spread of oil products in the environment. The solution of these problems makes it possible to choose optimum technologies of struggle against emergency floods of oil and oil products that will provide minimisation of ecological damage in these cases.

Key words: emergency flood, scale, mineral oil, parametre, reservoir area, calculation, river, relief.

Одним из часто встречающихся видов техногенных чрезвычайных ситуаций являются разливы нефти при авариях на нефтепроводах. Аварийный разлив может произойти в любой точке линейной части нефтепровода, нефть растечется по суше и затем, в силу особенностей рельефа, может попасть в реки. Заранее предугадать точное место, время и масштабы разливов нефти невозможно. Для планирования действий по предотвращению и ликвидации возможных аварийных разливов необходимо уметь прогнозировать их последствия: возможные маршруты (пути) стекания и места скопления нефти, воздействие нефти на природные объекты (реки, озера, леса и др.) и население (колодцы с питьевой водой, пастбища, сельскохозяйственные угодья и др.).

От характеристики рельефа, т.е. наличия склонов, мелких ручьев, канав, пересыхающих русел, ложбин и тому подобных элементов поверхности земли, по которым нефть движется в сторону понижения, зависит интенсивность ее поступления в водные объекты.

При выборе техники и технологии локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов важными факторами, которые необходимо учитывать, являются гидрологические и морфометрические характеристики водотока, характер течения (характер свободной поверхности, наличие порогов), ширина реки, наличие крутых поворотов.

На основании сказанного выше можно представить классификационные признаки гидрологических и морфометрических характеристик

водных объектов, которые необходимо учитывать при разработке планов локализации и ликвидации аварийных разливов нефти:

- 1) площадь зеркала водной поверхности (ширина и глубина водотока);
- 2) поверхностная скорость течения воды в створе водного объекта (меженная, максимальная);
- 3) наличие водных растений;
- 4) характеристики береговой линии;
- 5) характеристики пойменной части (рельеф, растительность) [1].

При одинаковом составе нефти, но в разных и достаточно контрастных природных условиях степень опасности загрязнения целиком определяется природной ситуацией. При оценке устойчивости природных комплексов к нефтяному загрязнению особое значение имеют свойства почв. Почвы могут выполнять защитную роль по отношению к природным водам, атмосфере и растительности [2–3]. Например, гумусовые горизонты являются геохимическими барьерами, в которых накапливаются нефтепродукты и легкорастворимые соли, не проникая в глубь почвенного профиля. При нефтяном загрязнении происходят существенные сдвиги в морфологических и агрохимических свойствах почвы, которая теряет способность впитывать и удерживать влагу. Резко увеличивается содержание углерода в почве за счет углерода нефти, что приводит к нарушению соотношения между углеродом и азотом. Большую опасность представляют собой перенос нефти с талыми водами и способность ее к миграции в почвенном профиле. В зависимости от степени загрязнения нефтепродукты могут проникать на разную глубину, вызывая при этом изменения как в верхних, так и в нижних горизонтах почвы.

Способность территории противостоять нефтяному загрязнению (показатель устойчивости) основывается на самовосстановлении и саморегуляции природных комплексов, способных по-разному противостоять антропогенным воздействиям и сохранять свои свойства [4]. Степень распространения и влияния нефтяного загрязнения на территорию в большей степени зависит от ее приуроченности к различным типам местности и природным подзонам. Природные зоны и подзоны, а также входящие в их состав ландшафтные районы характеризуются различными зональными, гидроклиматическими, ботаническими, почвенными характеристиками и, соответственно, обладают различной экологической устойчивостью и способностью к самоочищению и самовосстановлению [4].

Наиболее уязвимым с точки зрения устойчивости ландшафтов к нефтяному загрязнению является пойменный тип местности. Весеннее половодье, близость грунтовых вод, преобладающий механический состав почв и грунтов, уклон территории, активные оползневые и абразионные процессы, характерные в большей степени для правобережных участков, создают на поймах благоприятные условия для проникновения загрязняющих веществ в поверхностные и подземные воды [5].

Вторым по степени уязвимости типом местности является долинный, характерный для речных долин крупных и средних рек. Здесь интенсивно протекают процессы плоскостной и линейной эрозии, оползнеобразования, что является показателем неустойчивости природной среды к антропогенным воздействиям. Кроме того, для данного типа местности характерно, так же, как и для пойменного, весеннее половодье, в период которого происходит интенсивное затопление территории с развитием неблагоприятных условий, способствующих быстрому проникновению нефти и нефтепродуктов в геологическую среду, инфильтрации в грунтовые воды.

Террасовый тип местности относится к третьему по степени уязвимости типу местности.

Следующим типом местности по уровню уязвимости является склоновый. Он характеризуется повышенной активизацией процессов плоскостного смыва, линейной и боковой эрозии, осыпных и обвальных процессов. В зависимости от крутизны и экспозиции склонов, а также климатических особенностей вышеперечисленные процессы могут проявляться с разной степенью интенсивности. Соответственно, данный тип местностей тоже можно отнести к неустойчивому [5].

Целью данного исследования была оценка территорий районов водосбора реки Западная Двина в Витебской области как потенциальных загрязнителей реки нефтью и нефтепродуктами в случае аварий, связанных с аварийными разливами нефти в этих районах, а также использование полученных результатов для прогнозной оценки масштабов нефтяного загрязнения реки Западная Двина и ее притоков в этих случаях.

Материал и методы. На территории Витебской области Республики Беларусь Западная Двина на всем протяжении течет по Поозерской физико-географической провинции, для которой характерно сочетание обширных лимногля-

циальных равнин, моренных холмов и гряд, камов и холмистых возвышенностей. Река течет по хорошо выраженной, глубоко врезанной в коренные и четвертичные породы долине, местами с обнажениями песчаников, глин и доломитов. Пойма слабо выражена, характерны локальные террасы, на которых распространены луга и кустарники, небольшие участки сосновых и смешанных лесов. На склонах долины развиты овраги глубиной 10–20 м. Почвы дерново-глееватые или глеевые, на склонах – слабоподзолистые, отчасти эродированные. Ландшафты в окрестностях долины реки весьма разнообразны. На верхнем участке Западная Двина течет по Суражской низине. Эта низина представляет собой плосковолнистую, лимногляциальную равнину высотой 150–160 м над уровнем моря. Она сложена суглинками, ленточной глиной. Местами возвышаются небольшие моренные холмы. Вблизи долин рек и на повышениях рельефа, где имеется естественный дренаж, территория значительно распаханна. По мере удаления от берегов рек распаханность уменьшается [6].

К востоку от Витебска Западная Двина смыкается к северному отрогу Витебской возвышенности, характеризующейся мелко холмистым или увалистым рельефом, часто с покровом лессовидного суглинка. В центральной части возвышенности имеются платообразные повышения, на поверхности которых встречаются небольшие суффозионные впадины. На возвышенности (максимальная высота 296 м) преобладают средне- и сильноподзолистые почвы на моренных супесях и суглинках, впадины между холмами и понижениями рельефа частично заболочены. Распаханность около 25%. Пашни занимают склоны и повышение рельефа. Большие площади занимают луга. Сходную в ландшафтном отношении территорию представляет собой и находящаяся к северу от Витебска Городокская возвышенность (максимальная высота 259 м).

В качестве объекта исследования нами были взяты притоки реки Западная Двина: река Улла и река Оболь и их районы водосбора на территории Витебской области. В районах водосбора, выбранных нами в качестве объекта исследования, река Западная Двина на длинном прямолинейном участке течет в северо-западном направлении по Полоцкой низменности, которая в ландшафтном районировании Беларуси выделена как Полоцкий озерно-ледниковый ландшафт [7]. В целом это обширная лимногляциальная равнина, поверхность которой постепен-

но понижается в направлении течения реки. В пределах этой территории отмечается значительное разнообразие природных комплексов.

В восточной части низменности к северу от Западной Двины на водоразделах между ее правыми притоками реками Оболь и Дрисса простираются массивы сфагновых и переходных болот и заболоченных, преимущественно березовых, лесов на торфяно-болотных и глеево-подзолистых почвах. На более дренированных площадях преобладают ландшафты лимногляциальных волнистых равнин с суглинистыми и глинистыми почвообразующими породами.

Ближе к Западной Двине и на повышениях рельефа территории значительно распаханна, почвы окультурены. На равнинных участках с суглинистыми почвами распаханность ниже, здесь больше распространены еловые или мелколиственные леса, сероольшаники и березняки. Местами, например, к югу от Полоцка, встречаются песчаные отложения с плоскобугристым рельефом и дюнными грядами. В западной части Полоцкой низменности доминируют плосковолнистые равнины, как и в восточной части, сложенные лимногляциальными суглинками и глиной. На дренированных участках, в том числе вдоль берегов реки, местность значительно окультурена, на более влажных землях преобладают луга и еловые или елово-широколиственные леса. К югу от Полоцкой низменности, на правобережье Западной Двины, находятся две сходные в ландшафтном отношении холмисто-озерные территории [6].

С использованием методики прогностических расчетов распространения по речной сети зон высокозагрязненных вод с учетом форм миграции наиболее опасных загрязняющих веществ [8] нами были проведены расчеты по определению количества различных нефтепродуктов, которые могут попасть в реку Западная Двина в случае аварий, сопровождающихся разливом нефти в районах ее водосбора.

Данная методика позволяет оперативно проводить прогностические расчеты распространения по речной сети зон высоко загрязненных вод с учетом форм миграции наиболее опасных загрязняющих веществ.

При прогностических расчетах нами использовались в качестве исходных данных характеристики водного объекта (профиль (рельеф) русла; ширина реки на исследуемых участках; глубина реки на исследуемых участках; средняя скорость течения реки на исследуемых участках; максимальная скорость течения реки на исследуемых участках; температура воды в ре-

ке; расход воды на исследуемом участке). Характеристики нефтепродукта, используемые в расчетах, были: плотность нефтепродукта; температура нефтепродукта; вязкость нефтепродукта. Во всех вычислительных экспериментах дополнительно учитывались, в соответствии с методикой [8], коэффициенты:

- переходные;
- скорости биохимического окисления нефтепродуктов;
- испарения;
- перехода из нефтяной пленки в воду.

Результаты и их обсуждение. В работе была проведена оценка районов водосбора реки Западная Двина. По результатам собственных исследований и данных литературных источников [3; 6–7] установлено, что т.к. ландшафты районов водосбора реки Западная Двина на территории Витебской области относятся в основном к первому и второму типам (пойменный и долинный), то их степень устойчивости к нефтяному загрязнению низкая. Это значит, что опасность нефтяного загрязнения самой реки Западная Двина очень велика в случае аварий, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов на территории районов водосбора ее рек-притоков.

На примере двух районов водосбора рек-притоков Улла и Оболь, по которым проходят нефте- и продуктопроводы, нами моделировалась ситуация с аварийным разливом различных количеств нефти и нефтепродуктов в этих районах. Были проведены прогностические расчеты распространения нефтяного загрязнения по рекам Улла и Оболь в случае аварии, связанной с разливом различных нефтепродуктов в районах водосбора. В соответствии с рекомендациями [6], в качестве контрольных створов на реках-притоках выбирались створы на расстоянии примерно 1–2 суточного подхода водных

масс до створов основной реки Западная Двина. Расчеты проводились с учетом того, что никаких мер по ликвидации аварии не принималось. В табл. 1–2 представлено расчетное количество различных нефтепродуктов, ожидаемое в реке Западная Двина в месте впадения в нее рек-притоков Улла и Оболь при аварийном сбросе в последние 200 м³ нефтепродуктов на фиксированных расстояниях от места аварии до створа реки Западная Двина.

В табл. 1–2 приведено максимальное (числитель) и минимальное (знаменатель) время подхода пленки (пятна) нефтепродукта от места попадания нефтепродукта в реку-приток до места ее впадения в реку Западная Двина.

Заключение. Учет гидрологических и морфометрических характеристик водных объектов, являющихся реками-притоками, и комплексных характеристик районов водосбора этих рек-притоков необходим при использовании методики прогностических расчетов оценки масштабов нефтяного загрязнения как самих районов водосбора, так и водных объектов в случае различных аварий. Результаты проведенных исследований, включающие характеристики районов водосбора и моделирование аварийных нефтеразливов, с учетом этих данных позволяют оценить масштабы нефтяного загрязнения водных объектов. Решение задач, связанных с прогнозированием распространения нефтепродуктов в природной среде, является важным элементом оценки степени негативного влияния нефтепродуктов на водные системы. Полученные данные должны быть учтены при принятии соответствующих мер по локализации нефтяных загрязнений, что позволит обеспечить минимизацию экологического ущерба при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов.

Таблица 1

Аварийный сброс нефтепродуктов в реку Улла

Вид нефтепродукта	$V, м^3$	Расстояние, км					
		25		50		70	
		$t_{подх.}, час$	$m, тонн$	$t_{подх.}$	$m, тонн$	$t_{подх.}$	$m, тонн$
дизельное топливо	200	14,46/9,26	101,28	28,93/18,51	73,70	40,51/25,93	53,19
бензин	200	14,46/9,26	86,46	28,93/18,51	62,21	40,51/25,93	45,41
нефть	200	14,46/9,26	108,69	28,93/18,51	79,09	40,51/25,93	57,08

Аварийный сброс нефтепродуктов в реку Оболь

Вид нефтепродукта	$V, м^3$	Расстояние, км					
		25		50		70	
		$t_{подх.}, час$	$m, тонн$	$t_{подх.}$	$m, тонн$	$t_{подх.}$	$m, тонн$
дизельное топливо	200	17,36/11,11	95,58	34,72/22,22	63,27	48,61/31,11	39,60
бензин	200	17,36/11,11	81,59	34,72/22,22	54,01	48,61/31,11	33,81
нефть	200	17,36/11,11	102,57	34,72/22,22	67,90	48,61/31,11	42,50

ЛИТЕРАТУРА

1. Липский, В.К. Защита водных объектов при авариях на нефтепроводах / В.К. Липский, Л.М. Спириденко, Д.П. Комаровский // Международное сотрудничество в решении водно-экологических проблем: материалы междунар. водного форума, Минск, 2–3 окт. 2008 г. / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [и др.]. – Минск: Минсктиппроект, 2008. – С. 121–122.
2. Солнцева, Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов / Н.П. Солнцева. – М., 1998. – 376 с.
3. Минаева, О.Н. Оценка почв районов водосбора / О.Н. Минаева, В.Е. Савенок // Проблемы устойчивого развития регионов Республики Беларусь и сопредельных стран: сб. науч. ст. 2-й Междунар. науч.-практ. конф., Могилев, 27–29 марта 2012 г. / МГУ им. А.А. Кулешова. – Могилев, 2012. – Ч. 1. – С. 77–80.
4. Мячина, К.В. Геоэкологическое районирование нефтегазодобывающей территории Оренбургской области / К.В. Мячина, А.А. Чибилев // Поволж. экол. журн. – 2005. – № 2. – С. 147–157.
5. Молочко, А.В. Применение ГИС-технологий при оценке степени устойчивости территории к загрязнению нефтью и нефтепродуктами (на примере районов промышленной добычи нефти в Саратовской области) / А.В. Молочко // Изв. Саратовск. ун-та. – 2009. – Т. 9. Сер. Науки о Земле, вып. 2. – С. 13–18.
6. Западная Двина – Даугава. Река и время / Л.С. Аносова [и др.]; под общ. ред. В.Ф. Логинова, Г.Я. Сегалья. – Минск: Белорус. наука, 2006. – 270 с.
7. Минаева, О.Н. Прогнозная оценка районов водосбора / О.Н. Минаева, В.Е. Савенок // ЧС: предупреждение и ликвидация: сб. докл. VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 8–9 июня 2011 г. / НИИ ПБиЧС МЧС РБ. – Минск, 2011. – С. 303–308.
8. Р 52.24.627-2007. Рекомендации «Усовершенствованные методы прогностических расчетов распространения по речной сети зон высокозагрязненных вод с учетом форм миграции наиболее опасных загрязняющих веществ» / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). – Ростов н/Д, 2008. – 100 с. – Режим доступа: <http://www.open.gost.ru>.

Поступила в редакцию 14.09.2012. Принята в печать 22.10.2012

Адрес для корреспонденции: 210024, г. Витебск, пр-т Белобородова, д. 1/2, кв. 129, тел.: (8-033)324-80-21 – Савенок В.Е.