

*Кудрявцева О.В., Попова А.А.*

## **Снижение экологических ущербов в энергетическом комплексе посредством определения масштабов загрязнения от разливов нефти на нефтепроводах\***

*Кудрявцева Ольга Владимировна* — доктор экономических наук, профессор, доцент, экономический факультет, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, РФ.

E-mail: [olgakud@mail.ru](mailto:olgakud@mail.ru)

SPIN-код РИНЦ: [9064-4420](https://elibrary.ru/9064-4420)

*Попова Анна Андреевна* — аспирант, экономический факультет, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, РФ.

E-mail: [anna-andreevna@hotmail.com](mailto:anna-andreevna@hotmail.com)

SPIN-код РИНЦ: [7920-3522](https://elibrary.ru/7920-3522)

### **Аннотация**

«Зеленая» и «низкоуглеродная» экономика в настоящее время — во многом вопрос энергетической и технологической безопасности России в будущем. Энергетика при этом является одной из важнейших отраслей. Наряду с развитием альтернативных источников энергии необходимо стремиться к снижению экологического ущерба при использовании традиционных. В работе рассматривается проблема загрязнения окружающей среды, связанная с добычей углеводородных источников энергии. Необходима система страхования от нанесения ущерба окружающей среде в связи с добычей нефти и газа. В работе была построена математическая модель, позволяющая найти радиус растекания и глубину проникновения нефти в грунт в результате аварии на нефтепроводе. Рассматриваются несколько случаев с различными начальными данными по разливу нефти, приводятся данные для расчета параметров модели, делается численный эксперимент. Модель позволит рассчитать масштаб возможного загрязнения и найти размер соответствующей страховой премии. Также рассматриваются некоторые вопросы использования альтернативных источников энергии.

### **Ключевые слова**

Возобновляемые источники энергии, энергетика, экологическое страхование, нефтегазовая отрасль, математическая модель расчета масштабов загрязнения, защита окружающей среды.

В настоящее время в мире можно наблюдать, с одной стороны, растущую глобализацию, а с другой — усиление конкуренции за природные ресурсы, которая приобрела характер конкуренции технологий и способов переработки. «Зеленая» и «низкоуглеродная» экономика в настоящее время — не просто тренд, а во многом вопрос энергетической и технологической безопасности<sup>1</sup>.

Россия является четвертым по величине производителем энергетических ресурсов в мире (впереди нее страны ОПЕК, Китай, США), на ее долю приходится 10% их производства. Наша страна занимает первое место по экспорту газа, второе — по экспорту нефти и третье — по экспорту угля. По потреблению энергетических ресурсов Россия находится на шестом месте в мире, уступая Китаю, США, ЕС, странам ОПЕК и Индии

\* Публикация подготовлена в рамках поддержанного РГНФ научного проекта №16-02-00302.

<sup>1</sup> *Кудрявцева О.В., Бобылев С.Н., Яковлева Е.Ю.* Regional Priorities of Green Economy // Экономика региона. 2015. № 2. С. 148–159.

(5% мирового потребления). На территории РФ находится четверть мировых запасов газа, 30% угля и 6% нефти, но доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в общем ее производстве в настоящее время невелика — всего около 1%.

До недавнего времени в России практически полностью отсутствовала законодательная база, регламентирующая использование возобновляемых источников энергии. Везде в мире первоначальное развитие энергетики из возобновляемых источников достигается при помощи государственной поддержки, в связи с чем было принято Постановление Правительства РФ от 28 мая 2013 г. № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности». Несмотря на достаточно высокие требования к локализации оборудования, была заметна высокая заинтересованность инвесторов в проектах ВИЭ, особенно солнечной энергетики. Использование биогазовых установок также могло бы дать существенный экономический и экологический эффект. Россия имеет хорошие перспективы и в производстве пеллет (однако при обилии сырья мощности все еще недогружены, продукция отправляется на экспорт, внутренний спрос недостаточен)<sup>2</sup>. Можно заключить, что некоторые источники возобновляемой энергии имеют очень хорошие экономические перспективы в России<sup>3</sup>.

Однако на данном этапе развития российской экономики с ее привязанностью к ископаемым источникам топлива вопрос активного продвижения альтернативной энергетики для многих заинтересованных лиц не является первоочередным<sup>4</sup>. В сложившихся условиях необходимо задуматься об уменьшении экологической нагрузки на окружающую среду, превентивных методах ее защиты, а также о ликвидации накопленного и текущего экологического загрязнения. Ключом к решению данного вопроса может стать внедрение такого экономического метода регулирования в сфере

---

<sup>2</sup> Кудрявцева О.В., Яковлева Е.Ю. Перспективы развития биоэнергетики в России (межотраслевой аспект) // Теория и практика экономического регулирования природопользования и охраны окружающей среды: 13-я Международная научно-практическая конференция Российского общества экологической экономики. М.: СОПС, 2015. С. 184–195; Кудрявцева О.В., Яковлева Е.Ю., Головин М.С. Особенности и перспективы отечественного рынка древесного биотоплива на фоне мировых тенденций // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2016. № 6. С. 22–38.

<sup>3</sup> Кудрявцева О.В., Яковлева Е.Ю., Гречухина И.А. Эффективность развития рынка возобновляемых источников энергии в России // Экономика региона. 2016. Т. 12. № 4. С. 1167–1177.

<sup>4</sup> Мудрецов А.Ф., Тулунов А.С. Вопросы развития альтернативной энергетики в России // Вестник Томского государственного университета. 2016. № 4. С. 38–45.

охраны окружающей среды, как управление экологическими рисками через экологическое страхование<sup>5</sup>.

Природоохранные меры, связанные с предупреждением и ликвидацией загрязнений, вызванных опасными производствами, выбросами ядовитых веществ, разливами нефти, требуют значительных финансовых затрат. Зачастую предприятия не могут самостоятельно компенсировать эти расходы, поэтому в России они ложатся на государство, а значит, на налогоплательщиков.

По официальным данным, каждый год на нефтепроводах страны происходит около 10 000 аварий, из-за чего российскую нефтяную промышленность можно назвать самой экологически «грязной» в мире. Точная цифра потерь нефти при авариях на нефтепроводах никому не известна. Нефтяные компании сообщают далеко не обо всех разливах, а надзорные органы не успевают следить за ситуацией. При этом нефтяные компании, Росприроднадзор и Минприроды дают совершенно разные цифры, которые к тому же в разы меньше экспертных данных. Одна из причин разливов нефти — старые нефтепроводы. 97% всех аварий происходят из-за коррозии труб, изношенности оборудования и неправильной эксплуатации. Многим трубопроводам больше 30 лет, тогда как безаварийный период их использования составляет 10–20 лет. Другая причина нефтяных загрязнений — слабое законодательство<sup>6</sup>. Власти позволяют добывающей промышленности работать в условиях почти полной безнаказанности. Самое страшное, что грозит компании в случае разлива, это штраф в несколько десятков (в редких случаях — сотен) тысяч рублей за то, что она не сообщила об аварии своевременно<sup>7</sup>. К тому же компенсация ущерба окружающей среде, как правило, осуществляется за счет бюджетных средств. Только за 2009 г. на ликвидацию последствий техногенных аварий и катастроф было направлено 7,4 млрд руб. 92,8% средств предоставил федеральный бюджет, 7% — бюджеты субъектов Российской Федерации и лишь 0,2% — страховые компании.

Успешность решения проблемы рационального природопользования в значительной степени определяется наличием экологически и экономически взвешенной

---

<sup>5</sup> Моткин Г.А. Экологическое страхование: итоги и перспективы. Москва; Улан-Удэ: НИЦ «Экопроект», 2010; Воронина Е.П. Страхование в нефтегазовом комплексе — состояние и перспективы развития // Экономика. Налоги. Право. 2012. № 2. С. 71–77.

<sup>6</sup> Барбашин И.В. Проблемы законодательного обеспечения развития экологического страхования в России // Экономика природопользования. Обзорная информация. 2005. № 3. С. 8–11.

<sup>7</sup> Блоков И.П. Краткий обзор о порывах нефтепроводов и объемах разливов нефти в России // Гринпис России [Официальный сайт]. URL: [http://www.greenpeace.org/russia/Global/russia/report/Arctic-oil/Oil\\_spills.pdf](http://www.greenpeace.org/russia/Global/russia/report/Arctic-oil/Oil_spills.pdf) (дата обращения: 30.06.2017).

системы нормативов, стандартов, регламентов, применение которых ограничивает нагрузку на объекты природной среды. Недостаточное развитие нормативно-правовой базы, учитывающей особенности и регламентирующей ведение хозяйственной деятельности с учетом всего комплекса природно-экологических, технологических, социальных, экономических факторов, а также несоблюдение технологических и природоохранных регламентов при проведении работ — важнейшие причины экологического неблагополучия в нашей стране<sup>8</sup>. Многолетний опыт страхования опасных производственных объектов в рамках Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» показал, что на практике компенсации по экологическим рискам не происходит, так как по действующим правилам она выплачивается в последнюю очередь. Размеры лимитов ответственности, определяемых данным законом, не превышают 7 000 000 руб., что недостаточно даже в случае причинения незначительного экологического ущерба, ведь расходы по расчистке от загрязнения и восстановлению, например, биологического разнообразия могут быть очень высокими и составлять десятки миллионов рублей. В результате природные объекты фактически лишены страховой защиты. Одной из проблем в реализации механизмов экологического страхования является сложность экономической оценки таких объектов, как флора и фауна, на случай причинения им вреда в ходе хозяйственной деятельности. Например, согласно Отчету Еврокомиссии от 12.10.2010 г. об эффективности действия Директивы 35/2004/ЕС экономическая оценка состояния пострадавших природных ресурсов и методов восстановления окружающей природной среды была признана самым сложным техническим вопросом, требующим дальнейшего изучения. Другим препятствием является отсутствие базы статистических данных о загрязнениях окружающей среды, которая позволила бы страховщикам правильно оценить их вероятность, масштаб убытков и выработать адекватные страховые тарифы<sup>9</sup>.

Исходя из вышеизложенного, актуальной является задача оценки масштабов загрязнения при разливе нефти с помощью экономико-математического моделирования.

---

<sup>8</sup> *Попова А.А.* Проблемы экологического страхования в случае загрязнения при аварии на нефтепроводе // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ — 2017». 2017. URL: [https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov\\_2017/data/10833/uid38549\\_report.pdf](https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2017/data/10833/uid38549_report.pdf) (дата обращения: 30.06.2017).

<sup>9</sup> *Меньшиков В.В., Меньшикова О.В.* Экологическая ответственность и экологическое страхование // Вестник Международной академии наук. Русская секция. 2012. № 2. С. 36–41. URL: [http://www.heraldrsias.ru/download/articles/06\\_Menshikova.pdf](http://www.heraldrsias.ru/download/articles/06_Menshikova.pdf) (дата обращения: 30.06.2017).

Математическая модель<sup>10</sup> позволяет найти радиус загрязнения и глубину проникновения нефти в подстилающую поверхность при известном времени устранения течи. Это позволит адекватно оценить величину загрязнения независимо от нефтяных компаний, которые скрывают или предоставляют неполную информацию о реальных масштабах загрязнения, с целью более точного определения как штрафов для нефтяных компаний, допустивших аварию, так и размера страховой премии.

Растекание нефти по поверхности зависит от химических и физических свойств нефти и подстилающей поверхности, угла наклона поверхности, температуры воздуха. Учесть растекание и поглощение нефти грунтами можно при помощи уравнения неразрывности и закона фильтрации Дарси<sup>11</sup>:

$$\frac{\partial(\rho m)}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \vec{v}) = \rho Q, \quad \vec{v} = -k \operatorname{grad}(h),$$

где  $h = p/\rho g + z$  — глубина проникновения нефти в грунт,  $\rho$  — плотность жидкости,  $m$  — пористость грунта,  $Q$  — интенсивность источников,  $k$  — коэффициент фильтрации. Далее, как принято,  $t$  — время,  $\vec{v}$  — скорость фильтрации,  $p$  — давление,  $g$  — ускорение свободного падения,  $z$  — вертикальная координата. Дополним данные уравнения соотношениями, учитывающими сжимаемость среды от давления (уравнениями состояния):

$$\rho = \rho_0 [1 + \beta_{ж} (p - p_0)], \quad m = m_0 + \beta_m (p - p_0),$$

где  $\rho_0$  и  $m_0$  — плотность и пористость при давлении  $p_0$ . Величины  $\beta_{ж}$  и  $\beta_m$ , соответственно, называются коэффициентами сжимаемости нефти и грунта. В результате получим закон эволюции радиуса загрязнения до момента устранения течи<sup>12</sup>:

$$r^2 = -H^2 + 4at \cdot \ln \frac{q_0}{\pi \varepsilon 4at},$$

где  $H$  — высота источника разлива нефти,  $t$  — время,  $q_0$  — средний объем нефти, вытекающий из источника за единицу времени,  $a$  и  $\varepsilon$  — коэффициенты пьезопроводности и скорости поглощения нефти грунтом<sup>13</sup>.

<sup>10</sup> Muangu Zh., Popova A.A. Modeling of Oil Pollution of Artic Sea Coastal Areas // The Scientific Bulletin of MSTU SA. 2017. Vol. 20. No 02. P. 45–57.

<sup>11</sup> Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. М.: Наука, 1977; Муангу Ж.Э.Р. Фильтрация из канала. Структура решения и оценка расхода // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. 2006. № 1. С. 108–120.

<sup>12</sup> Muangu Zh., Popova A.A. Op. cit.

<sup>13</sup> Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М. Движение жидкостей и газов в природных пластах. М.: Недра, 1982; Эмих В.Н. Фильтрация из подпочвенных источников // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. 1999. № 2. С. 72–85.

Рассмотрим реализацию модели на примере различных сценариев аварий. Для всех сценариев предполагаются некоторые общие характеристики, а именно: аварийный разлив происходит в летнее время, при температуре 20 °С, в тундровой местности с торфянистыми почвами. Торф обладает высокой пористостью, до 90–95%, уменьшающейся с увеличением степени разложения. Он также обладает широким диапазоном изменения коэффициента сжимаемости, от 1,5 до 80 МПа<sup>-1</sup>, достигающем верхнего предела у сильнообводненных, слабообразованных торфов<sup>14</sup>. Исходя из этого, пористость торфа для всех четырех случаев принята как 0,92, а коэффициент сжимаемости — 75 МПа<sup>-1</sup>. Для расчёта взята величина коэффициента проницаемости торфа, равная 800 Д. Высота нефтепровода принимается равной 2 м, а высота скважины — 0,01 м. В случаях «3» и «4» под прорывом нефтепровода понимается отверстие в 100% площади его сечения. Для случая «4» дебит ( $q_0$ ) рассчитан исходя из известной скорости движения нефти и радиуса нефтепровода.

*Случай «1».* В результате аварии на скважине произошел фонтанирующий разлив нефти. Ремонт скважины занял 3 часа. Скважина даёт нефть тяжелой фракции, её дебит равен 10 т/сут. Скорость поглощения нефти грунтом равна  $2,3 \cdot 10^{-7}$  м<sup>3</sup>/с.

*Случай «2».* В результате аварии на скважине произошел фонтанирующий разлив нефти. Обнаружение утечки и ремонт заняли трое суток. Скважина даёт нефть легкой фракции. Известно, что за это время истекло 250 т нефти, из них 50 т было поглощено почвой.

*Случай «3».* В результате прорыва нефтепровода произошел аварийный разлив нефти. Нефтепровод находится на высоте 2 м, и по нему транспортируется нефть легкой фракции. Время с момента образования прорыва до закрытия заслонок — 2 часа. Известно, что за это время истекло 50 т нефти, из них 11 т было поглощено почвой.

*Случай «4».* В результате прорыва нефтепровода произошел аварийный разлив нефти. Нефтепровод расположен на высоте 2 м, имеет диаметр 300 мм и транспортирует нефть тяжелой фракции. Скорость перемещения нефти 1 м/с. До момента закрытия заслонок прошёл 1 час. Скорость поглощения нефти грунтом равна  $1,4 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>/с.

В Таблице 1 представлены подготовленные для ввода в программу для расчета исходные данные.

---

<sup>14</sup> Трофимов В.Т., Королёв В.А., Вознесенский Е.А. и др. Грунтоведение. М.: Издательство Московского университета, 2005.

Таблица 1. Исходные данные для расчетов<sup>15</sup>

Название	Обозначение	Ед. изм.	1	2	3	4
Характеристики разлива						
Высота источника	H	м	0,01	0,01	2	2
Время устранения течи	T	ч	3	72	2	1
Дебит нефти	q <sub>0</sub>	м <sup>3</sup> /с	1,29·10 <sup>-4</sup>	—	—	0,07065
Скорость поглощения нефти	ε	м <sup>3</sup> /с	2,3·10 <sup>-7</sup>	—	—	1,4·10 <sup>-4</sup>
Объем нефти, вытекшей из источника	V <sub>0</sub>	м <sup>3</sup>	—	304,878	60,975	—
Объем нефти, отфильтрованной грунтом	V <sub>1</sub>	м <sup>3</sup>	—	60,975	13,415	—
Свойства грунта <sup>16</sup>						
Сжимаемость	β <sub>пн</sub>	МПа <sup>-1</sup>				75
Проницаемость	k <sub>0</sub>	Д				800
Пористость	m <sub>0</sub>	—				0,92
Свойства нефти <sup>17</sup>						
Сжимаемость	β <sub>ж</sub>	ГПа <sup>-1</sup>	0,681	0,822	0,822	0,705
Кинематическая вязкость	μ	сСт	26	8	6	14
Плотность	ρ <sub>0</sub>	кг/м <sup>3</sup>	880	820	820	868

Последняя из приведенных формул позволяет вычислить радиус, а соответственно и площадь загрязнения, а также объем нефти, отфильтрованной грунтом, независимо от данных самих нефтяных компаний, которые утаивают масштабы загрязнений (Таблица 2). Для этого необходимо знать лишь время, прошедшее с момента аварии до момента устранения утечки, и средний объем нефти, вытекающий из источника за единицу времени (Рисунок 1). На Рисунке 1 представлены результаты моделирования зависимости радиуса загрязнения от объемной мощности источника при пяти различных значениях параметра  $\nu$  — нефтеемкости грунта. Из рисунка видно, что с ростом значения нефтеемкости радиус загрязнения уменьшается, т. к. нефть быстрее поглощается грунтом. Таким образом, зная стоимость ликвидации последствий загрязнения, можно оценить предполагаемый ущерб в денежном выражении и рекомендовать размер страховой премии для каждого конкретного случая разлива нефти.

<sup>15</sup> Muangu Zh., Popova A.A. Op. cit.

<sup>16</sup> Полубаринова-Кочина П.Я. Указ. соч.; Нестеров М.В. Гидротехнические сооружения. Минск: Новое издание, 2006.

<sup>17</sup> Дриацкая З.В., Мхчиян М.А., Жмыхова Н.М. Нефти СССР. Справочник. М.: Химия, 1971. Т. 1; ГОСТ 8.602-2010. ГСИ Плотность нефти. Таблицы пересчета. М.: Стандартин-форм, 2012.

Таблица 2. Результаты моделирования<sup>18</sup>

Название	Обозначение	Единицы измерения	1	2	3	4
Объем нефти, вытекшей из источника	$V_0$	$м^3$	1,38888	304,878	60,975	254,34
Объем нефти, отфильтрованной грунтом	$V_1$	$м^3$	0,20878	60,975	13,415	23,841
Радиус загрязнения	$r$	$м$	4,99	38,93	6,32	3,96
Предельная оценка радиуса загрязнения	$r_{max}$	$м$	6,16	44,24	6,95	5,5
Площадь загрязнения	$S$	$м^2$	78,23	4761,23	125,49	49,27
Время	$t$	—	7 ч. 32 м.	150 ч. 08 м.	3 ч. 36 м.	2 ч. 39 м.
Предельная оценка времени	$t_{max}$	—	26 ч. 51 м.	397 ч. 34 м.	7 ч. 57 м.	12 ч. 52 м.

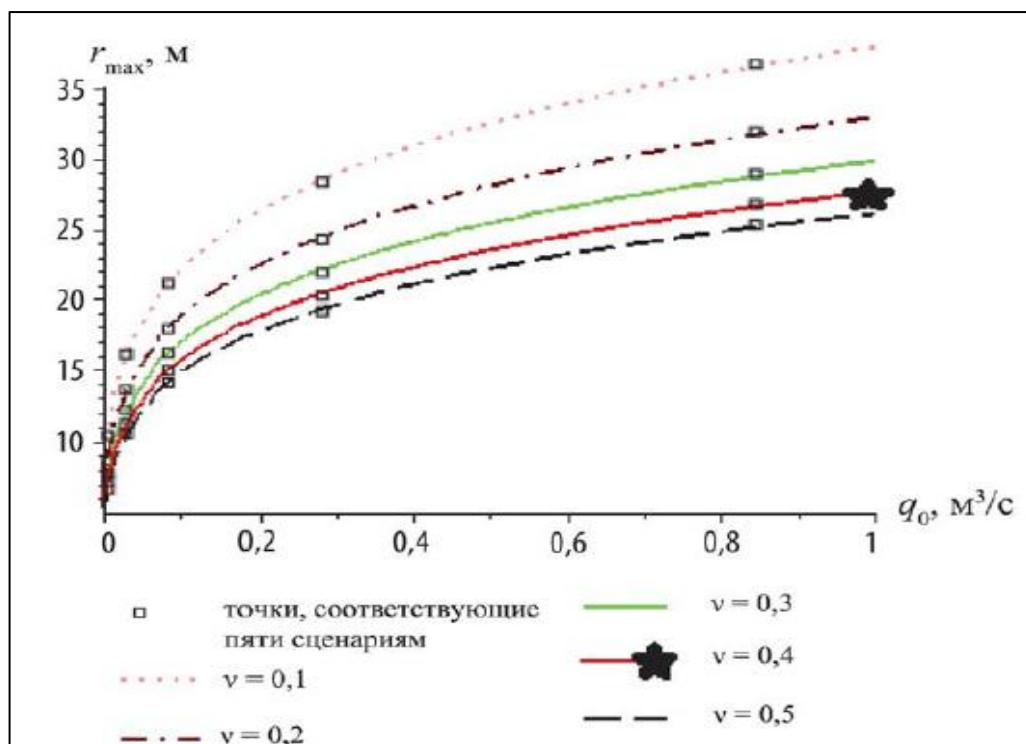


Рисунок 1. Зависимость радиуса загрязнения от объемной мощности источника при различных значениях нефтеемкости торфяного грунта  $v$  ( $v=0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$ )<sup>19</sup>

В статье была решена задача расчета масштабов загрязнения окружающей среды нефтепродуктами с помощью построения математической модели для расчета радиуса и глубины загрязнения подстилающей поверхности. Также в работе описана методика использования модели путем построения различных сценариев аварий при различных фракциях нефти, свойствах подстилающей поверхности, погодных условиях, скоростях

<sup>18</sup> Muangu Zh., Popova A.A. Op. cit.

<sup>19</sup> Ibid.



истечения нефти и времени устранения аварии. В силу того, что сбор статистических данных для оценки вероятности экологического загрязнения затруднен, необходим другой подход для оценки суммы покрытия и страховой премии. Предложенная математическая модель позволяет рассчитать объем загрязнений подстилающей поверхности и выразить сумму на покрытие мероприятий по устранению этого загрязнения в денежных единицах. С помощью модели, зная скорость истечения нефти, ее фракцию, время устранения аварии, характер подстилающей поверхности, можно вычислить суммы покрытия данного загрязнения и рассчитать страховую премию.

Для того, чтобы описанная здесь методика нашла свое применение, необходимо законодательство, обязывающее нефтяные компании компенсировать экологический ущерб, а в силу масштабности таких ущербов они вынуждены будут их страховать.

#### **Список литературы:**

1. *Барбашин И.В.* Проблемы законодательного обеспечения развития экологического страхования в России // Экономика природопользования. Обзорная информация. 2005. № 3. С. 8–11.
2. *Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М.* Движение жидкостей и газов в природных пластах. М.: Недра, 1982.
3. *Блоков И.П.* Краткий обзор о порывах нефтепроводов и объемах разливов нефти в России // Гринпис России [Официальный сайт]. URL: [http://www.greenpeace.org/russia/Glob al/russia/report/Arctic-oil/Oil\\_spills.pdf](http://www.greenpeace.org/russia/Glob al/russia/report/Arctic-oil/Oil_spills.pdf) (дата обращения: 30.06.2017).
4. *Воронина Е.П.* Страхование в нефтегазовом комплексе — состояние и перспективы развития // Экономика. Налоги. Право. 2012. № 2. С. 71–77.
5. ГОСТ 8.602-2010. ГСИ Плотность нефти. Таблицы пересчета. М.: Стандартинформ, 2012.
6. *Дриацкая З.В., Мхчян М.А., Жмыхова Н.М.* Нефти СССР. Справочник. М.: Химия, 1971. Т. 1.
7. *Кудрявцева О.В., Бобылев С.Н., Яковлева Е.Ю.* Regional Priorities of Green Economy // Экономика региона. 2015. № 2. С. 148–159.
8. *Кудрявцева О.В., Яковлева Е.Ю., Головин М.С.* Особенности и перспективы отечественного рынка древесного биотоплива на фоне мировых тенденций // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2016. № 6. С. 22–38.

9. Кудрявцева О.В., Яковлева Е.Ю., Гречухина И.А. Эффективность развития рынка возобновляемых источников энергии в России // Экономика региона. 2016. Т. 12. № 4. С. 1167–1177.
10. Кудрявцева О.В., Яковлева Е.Ю. Перспективы развития биоэнергетики в России (межотраслевой аспект) // Теория и практика экономического регулирования природопользования и охраны окружающей среды: 13-я Международная научно-практическая конференция Российского общества экологической экономики. М.: СОПС, 2015. С. 184–195.
11. Меньшиков В.В., Меньшикова О.В. Экологическая ответственность и экологическое страхование // Вестник Международной академии наук. Русская секция. 2012. № 2. С. 36–41. URL: [http://www.heraldrsias.ru/download/articles/06\\_Menshikova.pdf](http://www.heraldrsias.ru/download/articles/06_Menshikova.pdf) (дата обращения: 30.06.2017).
12. Моткин Г.А. Экологическое страхование: итоги и перспективы. Москва; Улан-Удэ: НИЦ «Экопроект», 2010.
13. Муангу Ж.Э.Р. Фильтрация из канала. Структура решения и оценка расхода // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. 2006. № 1. С. 108–120.
14. Мудрецов А.Ф., Тулунов А.С. Вопросы развития альтернативной энергетики в России // Вестник Томского государственного университета. 2016. № 4. С. 38–45.
15. Нестеров М.В. Гидротехнические сооружения. Минск: Новое издание, 2006.
16. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. М.: Наука, 1977.
17. Попова А.А. Проблемы экологического страхования в случае загрязнения при аварии на нефтепроводе // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ — 2017». 2017. URL: [https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov\\_2017/data/10833/uid38549\\_report.pdf](https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2017/data/10833/uid38549_report.pdf) (дата обращения: 30.06.2017).
18. Трофимов В.Т., Королёв В.А., Вознесенский Е.А. и др. Грунтоведение. М.: Издательство Московского университета, 2005.
19. Эмих В.Н. Фильтрация из подпочвенных источников // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. 1999. № 2. С. 72–85.
20. Muangu Zh., Popova A.A. Modeling of Oil Pollution of Artic Sea Coastal Areas // The Scientific Bulletin of MSTU CA. 2017. Vol. 20. No 02. P. 45–57.

*Kudryavtseva O.V., Popova A.A.*

## **Limiting the Environmental Damage in the Energy Industry via Calculation of Pollution Levels from Oil Spills**

*Olga V. Kudryavtseva* — Ph.D., Professor, Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation.

E-mail: [olgakud@mail.ru](mailto:olgakud@mail.ru)

*Anna A. Popova* — graduate student, Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation.

E-mail: [anna-andreevna@hotmail.com](mailto:anna-andreevna@hotmail.com)

### **Annotation**

Green and low-carbon economy is a necessity for energy and technological security of Russia in the future. We should strive to switch to alternative energy sources, namely, renewables (renewable energy sources) and to reduce environmental damage from oil and gas extraction. The paper considers the problems of environmental pollution associated with the extraction of hydrocarbon energy sources. A system of insurance is required in the event of environmental damage during oil and gas extraction. As far as there is a certain complexity in getting real and accurate data on the frequency of accidents on the oil or gas pipelines, a mathematical model was constructed that allows us to find the radius of pollution and the depth of soil penetration. The paper considers several cases with different initial oil spill data. The data for calculating model parameters is also provided, and numerical experiment is carried out. The model allows to calculate the scale of possible pollution and find the size of the corresponding gross premiums.

### **Keywords**

Renewable energy sources, energy economics, environmental insurance, oil and gas industry, mathematical model for calculating the scale of pollution, environmental protection.