

западной и северной экспозиций включают в себя кленово-грабово-ясеневые виды, в которых в местах разгрузки подземных вод, вдоль оврагов и балок произрастает бук. В типе склонов южной и восточной экспозиций развиты буково-грабово-ясеневые виды с примесью клена, а в верхних частях склонов и на фациях окраин плакора встречаются дубравы. Типы прирусловых участков леса характеризуются распространением ясеневых-грабовых видов. В средних и нижних частях склонов на глинистых грунтах в балках произрастают грабово-ясеневые и буково-грабовые виды лесов.

Литература

1. Археологический и природный музей-заповедник «Татарское городище» как природное наследие / под ред. проф. В. А. Шальнева. Ставрополь: Изд-во СГУ, 1999. 100 с.
2. Колесниченко А. Е., Лысенко А. В., Шальнев В. А., Дзыбов Д. С. История изучения и динамика лесов Ставропольской возвышенности // Вестник Ставропольского государственного университета. Вып. 77(6). Ч. 2. Ставрополь, 2011. С. 155–163.
3. Лесная энциклопедия: в 2 т. Т. 2. М.: Сов. энциклопедия, 1986. 631 с.
4. Сеннов С. Н. Лесоведение и лесоводство. 2-е изд., стер. М.: Академия, 2008. 256 с.
5. Типы лесов Ставропольского края / под ред. проф. Б. Ф. Остапенко. Ставрополь: Ставропольское книжное издательство, 1974. 234 с.
6. Шальнев В. А. Ландшафты Северного Кавказа: эволюция и современность. Ставрополь: Изд-во СГУ, 2004. 165 с.

УДК 661.18.2

**Овчаров Сергей Николаевич, Долгих Оксана Геннадьевна,
Овчаров Дмитрий Сергеевич**

АДСОРБЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ЛИКВИДАЦИИ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ

В статье рассмотрены проблемы нефтяного загрязнения воды, значение нефтесорбентов в ее решении; приведены свойства адсорбентов, полученных из лузги подсолнечника; рекомендованы адсорбционные технологии для ликвидации нефтяных разливов и доочистки сточных вод.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, очистка воды, адсорбенты, лузга подсолнечника, сорбционные характеристики, адсорбционные технологии, сорбционный фильтр.

Ovcharov Sergey Nikolaevich, Dolgikh Oksana Gennad'evna, Ovcharov Dmitry Sergeevich
ADSORPTION TECHNOLOGIES AND ELIMINATION METHODS
OF THE OIL POLLUTION OF WATER

The problem of oil pollution and significance of oil sorbents in its solution were considered. The properties of adsorbents from sunflower's peelings were given. The adsorption technologies for oil removal from water surface and sewage water post-treatment were recommended.

Key words: oil pollution, water purification, adsorbents, sunflower's peelings, sorption characteristics, adsorption technologies, sorption filter.

Одним из наиболее опасных веществ, загрязняющих среду обитания, является нефть — сложная система углеводородов и их производных различного строения и молекулярной массы, состоящая почти из 3000 ингредиентов, большинство из которых легкоокисляемы. Её основу составляют соединения алифатического, алициклического или ароматического рядов с числом атомов углерода от 5 до 70. Нефть также содержит многочисленные примеси, например, соединения серы, металлов. Поэтому токсическое воздействие нефти и продуктов ее переработки на биосферу чрезвычайно обширно [1].

Опасность углеводородов как загрязнителей обусловлена не только их биохимической активностью, но и высокой подвижностью, способствующей распространению вследствие таких явлений, как смачивание и растекание, сорбция, фильтрация через пористые среды и т.п. Разливы нефти на воде считаются более опасными, чем на почве, где она до определенной степени удерживается ее частицами. Известно, что 100–200 л разлитой нефти могут покрыть пленкой толщиной прибли-

тельно 0,1 мкм водную поверхность площадью 1 км². Основные источники нефтяного загрязнения окружающей среды представлены на рис. 1.

Наибольшие потери нефти связаны с ее транспортировкой. В мировом масштабе они ориентировочно составляют около 60 млн т в год. Аварийные ситуации, слив за борт танкерами промывочных и балластных вод – все это обуславливает присутствие постоянных полей загрязнения на трассах морских путей. Снимки поверхности Земли, сделанные со спутников, показывают, что уже почти 30 % поверхности океана покрыто нефтяной пленкой [2].

К основным загрязнителям также относятся добывающие и нефтеперерабатывающие предприятия, элементы системы перекачки нефти и нефтепродуктов, нефтебазы, автозаправочные комплексы и станции компаний и автопредприятий. В недостаточно очищенных сточных водах этих объектов содержание нефти часто превышает ПДК в десятки тысяч раз.

Из всех известных методов ликвидации нефтяных загрязнений водных объектов следует выделить четыре основных: механический, осуществляемый с помощью всевозможных конструкций и устройств для сбора нефти; физико-химический, основанный на мероприятиях с использованием одноименных методов; биологический – с помощью микробиологических культур и фотохимический, происходящий под действием солнечного света и катализаторов [3].

Если разлив углеводородов произошел на воде, либо нефтепродукт, разлитый на поверхности земли, все же попал в воду, то методы очистки воды должны учитывать тип загрязнения – поверхностное или объемное.

Процесс ликвидации поверхностного аварийного разлива нефти условно можно разбить на три стадии: первая – локализация разлива, вторая – собственно сбор и извлечение продукта с поверхности воды, и третья – транспортировка собранного продукта к месту переработки или утилизации. Для ликвидации последствий разлива используют преимущественно механические и адсорбционные методы. Однако при толщине нефтяной пленки 1–2 мм, а также при малой глубине водоема использование механических средств становится невозможным. В таких условиях наиболее эффективны специальные нефтесорбирующие материалы.

В нашей стране масштабы использования адсорбентов в системах очистки нефтезагрязненных вод значительно разнятся с зарубежной практикой, ограничения вызваны высокой стоимостью. Если соответствовать мировому уровню внедрения адсорбционных технологий, то расхождение спроса и предложения составит несколько порядков. Сейчас с учетом импорта потребление нефтесорбентов в России составляет 6–7,5 тыс. т в год. Если принять во внимание, что около 60 % разлившейся нефти не собирается (оставляется на самоочищение и фотохимическое разложение), 20 % устраняется с помощью механических средств (скиммерные устройства) и ручную, а средняя нефтеёмкость адсорбентов составляет 20–30 кг на 1 кг сорбирующего материала, то средняя годовая ёмкость рынка сорбентов России для жидких углеводородов равняется приблизительно 110–130 тыс. т [4].

Необходима разработка новых технологических решений, направленных на расширение ассортимента используемых нефтесорбентов. В регионах может быть создано производство адсорбентов из распространенного местного природного сырья, особенно являющегося отходом производства.

Нами разработаны способы получения дисперсных и гранулированных адсорбентов из лузги подсолнечника (отхода, получаемого в процессе шелушения семян на маслоэкстракционных заводах), основанные на карбонизации сырья, то есть его термообработке в токе инертного газа [5].

Для получения дисперсных адсорбентов лузга подвергается двухстадийной обработке: предварительному химическому модифицированию суспензией из неорганических соединений и воды с последующей карбонизацией в среде азота при 300–400 °С. В результате развивается пористость,

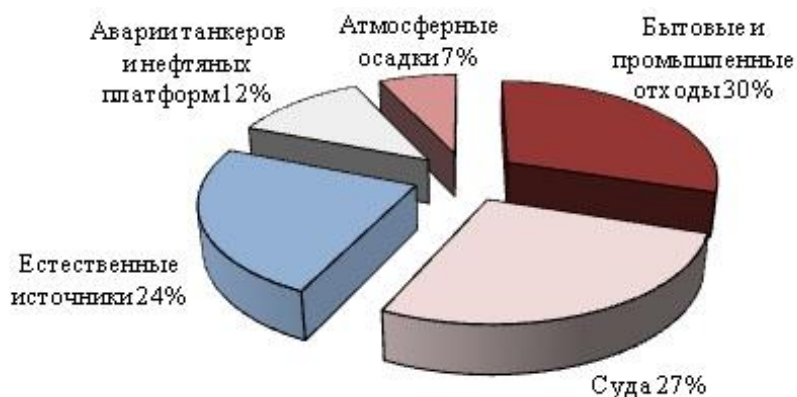


Рис.1. Источники загрязнения окружающей среды углеводородами

повышается гидрофобность, растёт нефтеёмкость до 5,8 г/г, увеличивается плавучесть и снижается водопоглощение. По характеристикам дисперсные адсорбенты подходят для сбора разливов нефти с поверхности воды. Способ получения дисперсных адсорбентов запатентован [6].

Технология получения гранулированных адсорбентов заключается в измельчении сырья, обработке связующим – поливинилацетатной дисперсией, грануляции и термообработке в токе азота при 200–300 °С. Способ получения гранулированных адсорбентов также запатентован [7]. Гранулированные адсорбенты отличаются высокой механической прочностью наряду с хорошей поглотительной способностью по углеводородам до 4,8 г/г. Они наиболее эффективны при удалении объемных загрязнений из нефтесодержащих сточных вод путем фильтрации через неподвижный слой адсорбента.

Адсорбционные технологии ликвидации разливов нефти и очистки сточных вод имеют свои особенности. Работы по ликвидации последствий аварийных разливов на водной поверхности необходимо начинать с описания нефтяного пятна: его протяженности, скорости и направления перемещения. На основе экспертных оценок характера поверхности воды и внешних признаков нефтяной пленки определяется масса разлившейся нефти. Более точно о размерах утечки судят по результатам инструментальных измерений толщины слоя нефти и ее плотности. На основе полученных данных рассчитывается состав и количество средств локализации и устранения разлива.

Для предотвращения распространения нефтяного пятна и его попадания на берег или береговые сооружения необходимо использовать сорбирующие боновые заграждения (рис. 2) [8].

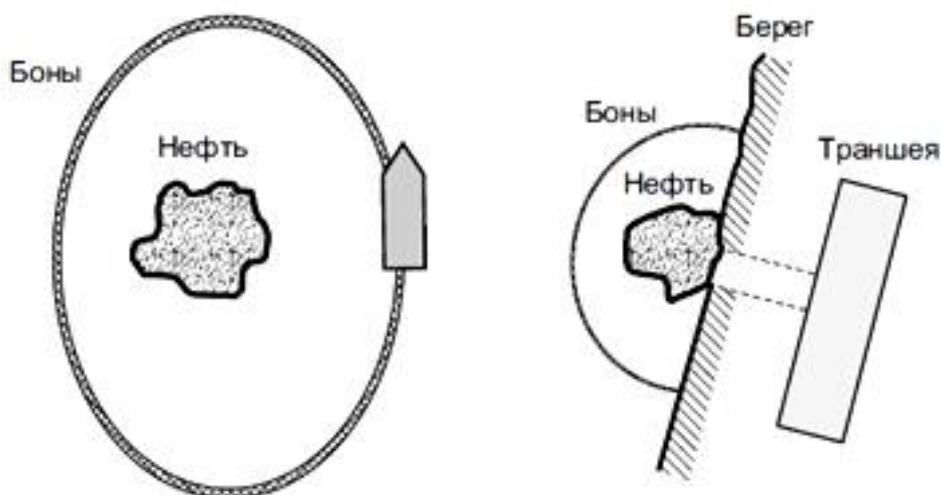


Рис. 2. Схемы локализации нефтяных пятен боновым заграждением

Сорбирующие боны состоят из отдельных секций различной длины, которые изготавливаются из сетного рукава или проницаемых материалов, заполненных поглотителем. Предлагаемые нами дисперсные адсорбенты отвечают основным требованиям к адсорбентам для заполнения бонов, то есть являются нетоксичными для человека и гидробионтов, гидрофобными, плавучими, обладают достаточной нефтеёмкостью. С точки зрения экологической чистоты и дешевизны они могут быть альтернативой традиционно используемым для этих целей синтетическим поглотителям. Причем после свертывания такие боны не требуют отмывания, и их можно сжигать. С помощью боновых заграждений следует уменьшить площадь пятна загрязнения и, соответственно, увеличить толщину слоя нефти для обеспечения оптимальных условий использования на водной поверхности дисперсных адсорбентов: толщина слоя поглотителя должна быть близка к толщине слоя нефти на поверхности воды. В лабораторных условиях при таком соотношении достигается высокая степень очистки водной поверхности от нефти (до 99 %). При уменьшении толщины нефтяного слоя регистрируется снижение нефтеёмкости, а водопоглощение растёт вплоть до 40 %.

Рассев адсорбента в зависимости от масштабов пятна и погодных условий производится ручным или механическим способом с наветренной стороны непосредственно на пленку нефти, а не на свободную водную поверхность. На морских акваториях и крупных озерах при значительных чрезвычайных ситуациях могут применяться вертолеты. Нанесение сорбента по локализованному нефтяному пятну при слабом ветре осуществляется с помощью дозаторов с перемещением поглотителя

по трубам, нависающим над обрабатываемой поверхностью, или пневматических разбрасывателей. К последним относятся центробежные нагнетатели, которые устанавливают на твердой поверхности на берегу или борту судна для подачи адсорбента воздушной струей. При сильном ветре и волнении водной среды поглотитель может вводиться под воду с помощью эжекторов с целью предотвращения выдувания на незагрязненные углеводородами участки. За счет выталкивающей силы адсорбент поднимается на поверхность, отделяет слой нефти от воды и поглощает его. При сравнительно небольших пятнах, локализованных боами или берегами водоема, их необходимо обрабатывать адсорбентом, начиная с внешнего края. В случае больших пятен плавсредство, с которого рассеивают адсорбент, движется параллельными заходами, «змейкой», обрабатывая акваторию с обоих или с одного борта.

Сопоставительная стоимость затрат на сбор нефти известными промышленными поглотителями и разработанным нами дисперсным адсорбентом представлена в таблице.

Таблица

Стоимость адсорбционного сбора нефти

Наименование сорбента	Расход, кг	Стоимость сбора 1 м ³ нефти, руб.
Лессорб-экстра	85	8806
Сибсорбент-1	215	9030
Эколан	250	27 300
Сорбойл	470	31 180
Разработанный дисперсный адсорбент	150	12 000

Сбор насыщенного адсорбента можно осуществлять стягиванием к месту его извлечения с помощью сетчатых тралов, вакуумными установками, дисковыми или барабанными скиммерами, плавающей воронкой, погруженной по самые края в воду, в которую боами вместе с водой заводится адсорбент и насосами откачивается в береговую или судовую емкость. Ручные тралы (сетчатые лопаты, сачки) следует использовать при зачистке поверхности вблизи бонов, берегов, в труднодоступных местах. Плавучие тралы подходят для сбора поглотителя с большой площади. Они выполняются из сетки и имеют поплавки в верхней части и утяжелители в нижней, а также два троса, позволяющих «буксировать» адсорбент в нужном направлении и собирать его, замыкая трал в кольцо и стягивая нижнюю часть.

Эффективность очистки воды дисперсными адсорбентами с учетом волнения водной поверхности достигает 92 %. Расчетная эффективность сбора нефти механическим путем в большинстве случаев – 80–90 %, на практике этот показатель может снижаться на 30–40 %. Такого падения эффективности при использовании адсорбентов не наблюдается. Кроме того, в собранной нефтесборными устройствами смеси нефть составляет только порядка 40 %, возникает необходимость ее последующего разделения и очистки.

Расчет усредненных затрат на устранение последствий разлива нефти объемом 1 м³ при использовании дисперсных адсорбентов и нефтесборного устройства показал, что несмотря на необходимость осуществления большего количества операций эколого-экономический эффект от адсорбционных технологий превосходит механический сбор примерно в 3 раза.

Резерв времени для локализации нефтяного разлива без существенного ущерба окружающей среде в зависимости от погодных условий обычно не должен превышать 24–72 часа с момента аварии. Использование при ликвидации нефтяного загрязнения дисперсных адсорбентов на основе лузги подсолнечника, сохраняющих плавучесть в течение длительного временного периода, позволяет значительно увеличить резерв времени для проведения подготовительных мероприятий и сбора нефти.

Утилизация нефтенасыщенного конгломерата вследствие его низкой зольности возможна сжиганием. Для этих целей подходят передвижные мобильные установки для сжигания отработанных нефтяных адсорбентов. Кроме того, насыщенный нефтью адсорбент подвергается формованию и может быть использован для получения топливных брикетов. Также после обработки насыщенных адсорбентов микробными препаратами возможна их биodeградация. Общая схема применения адсорбционных технологий для устранения нефтяного разлива представлена на рис. 3.

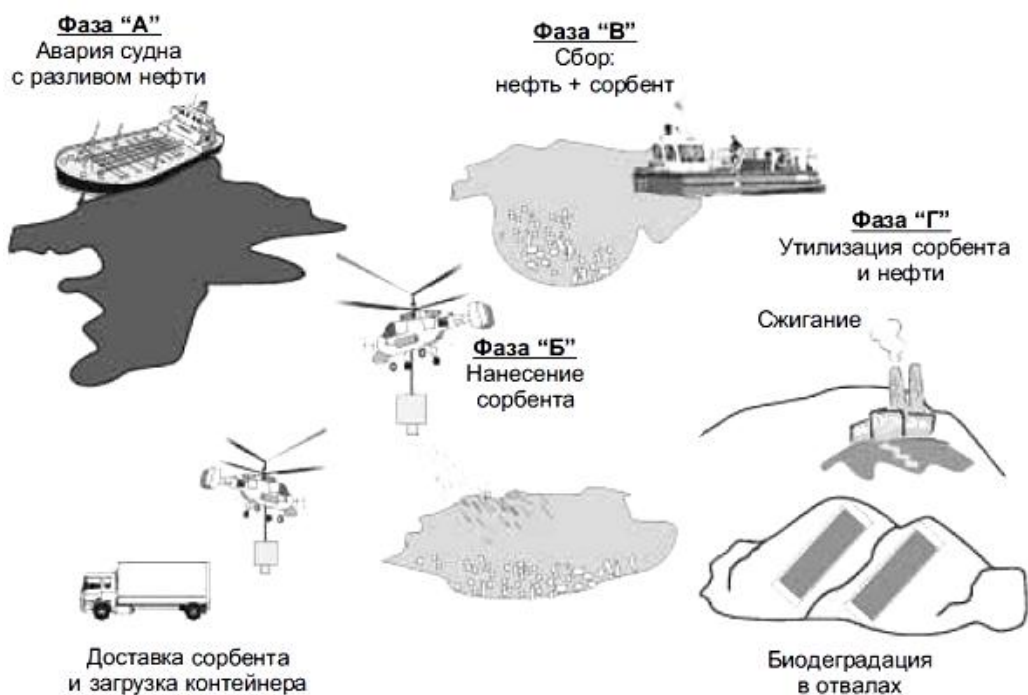


Рис. 3. Адсорбционные технологии и средства ликвидации разлива нефти

Адсорбционные технологии позволяют существенно повысить качество очистки нефтезагрязненных сточных вод, в которых загрязнения находятся в эмульгированном состоянии. Нами проведены испытания гранулированных адсорбентов в системах очистки стоков объектов по хранению и реализации нефтепродуктов. Для удаления загрязнений на автозаправочных станциях и комплексах, нефтебазах в основном применяются механические методы отстаивания, реализуемые посредством песколовков емкостного типа и нефтеловушек. Из-за неравномерности поступления стоков в очистные сооружения, колебания состава и концентрации примесей эффективность систем очистки достигает только 70–80 %. Адсорбционная доочистка стоков позволяет довести их качество до требований нормативов, уменьшить концентрацию нефтепродуктов с 10–400 мг/л до 0,05 мг/л. Внедрение узла доочистки не требует коренной реконструкции имеющихся очистных сооружений.

Предлагается после прохождения стоков через отстойник, песколовку и нефтеловушку подавать их в компактный блок доочистки, помещаемый в резервуар с очищенными стоками и состоящий из песчаного и сорбционного фильтров. Песчаный фильтр позволяет увеличить срок эксплуатации адсорбента. В качестве сорбционного можно использовать двухступенчатый фильтр ФСД-01 с движением воды снизу вверх (рис. 4).

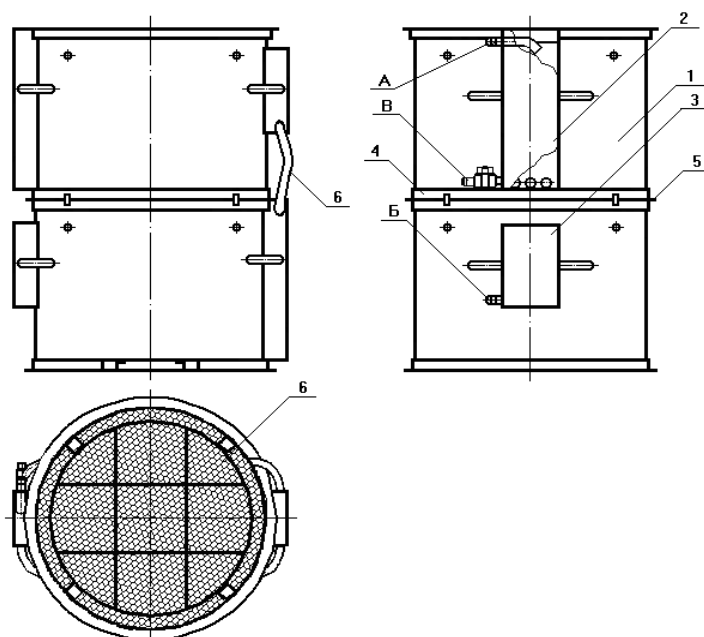


Рис. 4. Схема сорбционного фильтра:

1 – емкость фильтра; 2 – входной карман; 3 – сбросный карман; 4 – прижимная рамка; 5 – поддерживающая рамка; 6 – сетчатый мешок; А – вход воды в фильтр; Б – выход очищенной воды; В – слив воды

Разработанный гранулированный адсорбент удовлетворяет требованиям, предъявляемым к наполнителю: размер гранул – 2–5 мм; насыпная плотность не более 800 кг/м³; pH водной вытяжки не более 6,5–8,0.

Принцип действия фильтра состоит в следующем. Сточная вода поступает через патрубок 1 во входной карман 2 первой ступени фильтра. Карман служит для отделения пузырьков воздуха, поступающих вместе со сточной водой. Из нижней части кармана вода поступает в емкость фильтра 1 под слой гранулированного адсорбента, который заключен в сетчатый мешок 6. Снизу адсорбент лежит на поддерживающей рамке 5, а сверху зажат прижимной рамкой 4. Проходя через слой адсорбента, вода очищается от жидких углеводородов. Из верхней части фильтра вода сливается в сбросный карман 3 и поступает на вторую ступень очистки, устроенную аналогично первой. Для более рационального использования адсорбента при уменьшении степени очистки воды следует вторую (нижнюю) ступень фильтра установить на место первой, а на вторую ступень загрузить свежий адсорбент. Использованный загрузочный материал регенерировать экономически невыгодно, так как после промывки насыщенного адсорбента водой сорбционная активность восстанавливается примерно на 30 %. Наиболее целесообразна утилизация отработанных адсорбентов сжиганием на теплоэнергетических установках. Степень очистки стоков в блоке доочистки составляет 98%, что позволяет не только уменьшить экологические платежи, но также организовать повторный водооборот для технических нужд объектов по хранению и реализации нефтепродуктов.

Литература

1. Родионов А. И., Клушин В. Н., Систер В. Г. Технологические процессы экологической безопасности. Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2007. 800 с.
2. Очистка окружающей среды от углеводородных загрязнений / В. Ж. Арнс, А. З. Саушин, О. М. Гридин, А. О. Гридин. М.: «Интербук», 1999. 371 с.
3. Каменщиков Ф. А., Богомольный Е. И. Нефтяные сорбенты. М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005. 268 с.
4. Петов Н. Разливное море разливов // Нефть России. 2009. № 5. С. 77–78.
5. Долгих О. Г., Овчаров С. Н. Получение нефтесорбентов карбонизацией лузги подсолнечника // Экология и промышленность России. 2009. № 11. С. 4–7.
6. Пат. 2395336 РФ, МПК7 B01J20/20, B01J20/24. Способ получения углеродного адсорбента из лузги подсолнечной / С. Н. Овчаров, О. Г. Долгих; заявка № 2008143817 / 15; заявл. 05.11.08; опубл. 27.07.10, Бюл. № 21. 9 с.
7. Пат. 2411080 РФ, МПК7 B01J20/24. Способ получения гранулированного адсорбента из лузги подсолнечной / С. Н. Овчаров, О. Г. Долгих; заявка № 2009127298 / 05; заявл. 15.07.09; опубл. 10.02.11, Бюл. № 4. 7 с.
8. Воробьев Ю. Л., Акимов В. А., Соколов Ю. И. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. М.: Ин-октаво, 2005. 368 с.

УДК 504.064

Першин Иван Митрофанович, Помеляйко Ирина Сергеевна

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗОНЫ ГИПЕРГЕНЕЗА КУРОРТА КИСЛОВОДСК

В статье выполнен системный анализ экологического состояния воздушного бассейна, грунтов, поверхностных и подземных грунтовых вод курорта федерального значения Кисловодск. Представлены данные о росте эколого-зависимых заболеваний населения города.

Ключевые слова: системный анализ, экологическая ситуация, атмосфера, грунты, реки, грунтовые воды, здоровье населения.

Pershin Ivan Mitrofanovich, Pomelyayko Irina Sergeevna
SYSTEM ANALYSIS OF THE ECOLOGICAL STATE OF SUPERGENE ZONE
RESORT KISLOVODSK

Performed a system analysis of the environmental state of the atmosphere, soil, surface and underground waters for federal resort Kislovodsk. The data on the growth of environmental-dependent diseases in the city.

Key words: system analysis, the environmental situation, the atmosphere, soils, rivers, ground water, human health.

Конец XX – начало XXI века – время, когда экология проходит «красной нитью» развития как отдельных городов и стран, так и континентов в целом. Человечество достигло того уровня развития, когда игнорирование последствий техногенеза стало чрезвычайно опасным. На урбанизированных территориях