

Rashail A. Ismailov, Research Fellow of Institute of Geography named after acad. H. Aliyev of Azerbaijan National Academy of Sciences (ANAS); 31 Djavidia St., Baku, Azerbaijan Republic AZ 1143; rashail.ismayilov@gmail.com

УДК 504.55.054:622.276 (470.53)

С.А. Чайкин

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ДЛЯ ОЦЕНКИ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОСИСТЕМ НА ТЕРРИТОРИИ СТАРООСВОЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ

В работе проведена оценка трансформации экосистем на территории староосвоенных месторождений Пермского края на основании анализа состояния атмосферного воздуха и поверхностных вод.

Ключевые слова: нефтедобыча, загрязнение атмосферного воздуха и поверхностных вод, трансформация экосистем, Пермский край.

Введение

Пермский край характеризуется большим разнообразием природно-климатических условий и ресурсов. Территория края относится к двум крупным физико-географическим комплексам: Русской равнине и горному Уралу. Регион характеризуется большим разнообразием полезных ископаемых. В тектоническом отношении Пермский край расположен в пределах восточной окраины Восточно-Европейской платформы, Предуральской и Предтимаанской впадин, западной части складчатого Урала и Тиманского кряжа. Для края характерно меридиональное развитие тектонических структур и ландшафтов – западная и центральная части территории находятся на восточной окраине платформы, которая к востоку сменяется Предуральской впадиной, переходящей в Западно-Уральскую зону складчатости и Центрально-Уральское поднятие. На поверхности обнажаются осадочные породы палеозойского и мезозойского возраста. На складчатом Урале и на Тимане обнажаются осадочные, метаморфические и магматические породы возраста от рифея до нижнего палеозоя.

Пермский край относится к Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, Пермско-Башкирской нефтеносной области. Промышленные скопления углеводородов обнаружены только в семи комплексах палеозоя: девонском терригенном; верхнедевонско-турнейском карбонатном; нижне-средневизейском терригенном; верхневизейско-башкирском карбонатном; верейском терригенно-карбонатном; каширско-гжельском карбонатном и нижнепермском карбонатном. На сегодняшний день на территории региона открыто более 220 месторождений углеводородного сырья [1].

Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений – один из ведущих факторов трансформации природной среды Пермского края, поэтому оценка ее трансформации является актуальной задачей для обеспечения экологической безопасности региона.

Одним из методов оценки трансформации экосистем является покомпонентный подход, при котором оценивается состояние отдельных природных компонентов: геологической среды, атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почвенного покрова, растительности, животного мира [3]. В ряде предшествующих работ проводилась оценка трансформации растительного покрова, почв, поверхностных и подземных вод, комплекса компонентов по различным месторождениям Пермского края [6; 10; 7; 5]. Продолжение данных работ позволит проследить реакцию экосистем на техногенные воздействия на более длительных отрезках времени и

© Чайкин С.А., 2012

Чайкин Сергей Александрович, соискатель кафедры биогеоценологии и охраны природы Пермского государственного национального исследовательского университета; 614990 Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15; chaykinsa@hotmail.com

оценить влияние изменения технологии нефтедобывающего процесса и эффективность природоохранных мероприятий на экологическое состояние региона.

В данном исследовании проводилась оценка не только трансформации атмосферного воздуха и поверхностных вод на территории ряда староосвоенных месторождений за период с 1998 по 2012 г., но и использования анализа данных для оценки трансформации экосистем.

Оценка трансформации атмосферного воздуха и природных вод проводилась на территориях Озерного, Уньвинского, Осинского, Кокуйского и Павловского нефтяных месторождений Пермского края. Выбранные месторождения относятся к староосвоенным, расположены в различных природных условиях, отражающих разнообразие природных условий Пермского края, имеют различные сроки эксплуатации.

Озерное нефтяное месторождение находится в Красновишерском районе, в 300 км на север от г. Перми. Месторождение открыто в 1982 г. Центральная часть месторождения находится под озером Ньюти.

Уньвинское нефтяное месторождение расположено в Усольском районе Пермского края, в 30 км юго-восточнее г. Березники. Месторождение было открыто в 1980 г. Действующий фонд эксплуатационных скважин составляет свыше 300.

Осинское нефтяное месторождение расположено в Осинском районе Пермского края, западнее г. Осы. Открыто в 1960 г. Действующий фонд эксплуатационных и нагнетательных скважин составляет более 400. Для повышения нефтеотдачи пластов на месторождении в 1969 г. было проведено два подземных ядерных взрыва (ПЯВ). Зона действия взрывов выделена в специальный горный отвод. На территории нефтепромысла действует полигон подземного захоронения нефтепромысловых стоков.

Кокуйское газонефтяное месторождение расположено в Кунгурском и Ординском районах Пермского края, в 28 км юго-западнее г. Кунгура. Открыто в 1961 г., разработка ведется в сложных горно-геологических условиях, вызванных развитием карстовых процессов в пермских отложениях.

Павловское газонефтяное месторождение расположено в Чернушинском районе Пермского края, в 15 км восточнее г. Чернушки. Открыто в 1956 г. На территории нефтепромысла действует полигон подземного захоронения нефтепромысловых стоков.

Материал и методика

Для исследования атмосферного воздуха проводились замеры концентраций загрязняющих веществ (ЗВ) в воздушном бассейне. Для анализа состояния поверхностных вод на территории нефтяных месторождений проводилось опробование рек, озер и ручьев, выполнялись лабораторные исследования. Исследования загрязнения природных компонентов на территории месторождений осуществлялись с 1998 по 2012 г.

Для оценки трансформации природных компонентов проводились сравнения содержания загрязняющих веществ в пробах атмосферного воздуха и поверхностных вод, отобранных на территориях выбранных месторождений с данными о фоновых концентрациях этих веществ, полученными до начала нефтедобычи (существуют не для всех параметров) или с нормативами качества – предельно допустимыми концентрация (ПДК) для выбранной среды и каждого компонента. Также исследовались изменения концентраций во времени и их распределение по территории месторождений.

Замеры разовых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе, при условии безаварийной работы, проводились в зоне влияния нефтепромысловых объектов (скважин, групповых замерных установок, дожимных насосных станций, сепарационных насосных установок, установок первичной переработки и др.), а также в населенных пунктах и на выбранных фоновых участках. Для получения объективной информации о воздействии нефтепромысла на воздушную среду точки отбора выбирались с учетом преобладающего направления ветра.

Для исследования качества воздушной среды использовались основные химические вещества, которые связаны с добычей углеводородного сырья: сероводород, двуокиси серы и азота, фенол, предельные и ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол). Таким образом, можно предположить, что фоновые концентрации этих веществ равны нулю, за исключением двуокиси серы и диоксида азота, которые могут поступать в воздух при других видах хозяйственного освоения. Для оценки загрязнения воздуха использовались ПДК для населенных мест (ПДК н.м.).

Значения ПДК атмосферного воздуха для населенных мест составляют: бензол – 0,3 мг/м³, толуол – 0,3 мг/м³, ксилол – 0,3 мг/м³, предельные углеводороды – 50,0 мг/м³, диоксид серы – 0,5 мг/м³, сероводород – 0,008 мг/м³, диоксид азота – 0,2 мг/м³, фенол – 0,01 мг/м³.

Для исследования поверхностных вод на территории нефтяных месторождений проводились опробования рек, ручьев, родников и выполнялись лабораторные исследования вод.

Согласно С.А. Бузмакову и С.М. Костареву [6; с.10-11], С.М. Костареву и М.Г. Морозову [10; с.53] и другим авторам, одними из основных техногенных факторов, определяющих трансформацию природной среды при эксплуатации нефтяных месторождений Пермского края, является поступление в окружающую среду нефтепродуктов и соленых вод. Поэтому в качестве анализируемых загрязняющих поверхностные воды веществ выбраны хлориды и нефтепродукты. В качестве естественных фоновых значений химического состава вод рассматриваются концентрации компонентов в пресных поверхностных водоемах осваиваемой территории до начала бурения скважин [10; с.53]. Полученные концентрации исследуемых компонентов в водной среде сопоставлялись с фоновыми значениями (при их наличии) и нормативами качества вод для хозяйственно-питьевых (ПДК_{х.п.}). Средние значения концентраций загрязняющих веществ рассчитаны как среднеарифметические величины по результатам многолетних опробований. Нормативы ПДК_{х.п.} для воды по хлоридам составляют 350 мг/дм³, по нефтепродуктам – 0,1 мг/дм³.

Результаты и обсуждение

Анализ распределения по месторождениям фоновых значений концентраций загрязняющих веществ и средних значений за период эксплуатации позволяет сделать выводы об общем характере техногенной трансформации соответствующих компонентов и о различиях по месторождениям.

Атмосферный воздух. Анализ показателей загрязнения воздуха за 1999-2011 гг. на территории месторождений с длительным сроком эксплуатации показывает, что уровень концентраций исследуемых химических компонентов в большинстве случаев ниже пределов обнаружения, что затрудняет получение средних значений. Значение концентрации выделяются лишь для предельных и ароматических углеводородов, фенола и диоксида серы. В большинстве случаев показатели не превышают ПДК, наблюдаются разовые превышения. Основными загрязняющими воздушную среду компонентами, по которым в разовых пробах наблюдаются превышение ПДК_{н.м.}, являются ароматические углеводороды (бензол и толуол).

Систематические превышения ПДК наблюдались лишь на Кокуйском месторождении по бензолу и толуолу в 2000 г., Озерному месторождению по фенолам в 2006 г.

Значения показателей в целом не зависят от географического расположения нефтяного месторождения, длительности эксплуатации и количества источников загрязнения, т.е. накопление загрязняющих веществ в воздухе не наблюдается.

Таблица 1

Средние значения хлоридов и нефтепродуктов в поверхностных и подземных водах за период наблюдения

| Месторождение | Средние значения хлоридов, мг/дм ³ | | Средние значения нефтепродуктов, мг/дм ³ | |
|---------------|---|----------------|---|--------------|
| | поверхностные | подземные | поверхностные | подземные |
| Озерное | 12,42 | 69,9 | 0,030 | 0,044 |
| Уньвинское | 43,13 | 35,71 | 0,029 | 0,250 |
| Осинское | 170,31 | 1075,59 | 0,041 | 0,061 |
| Кокуйское | 9,42 | 335,88 | 0,080 | 0,060 |
| Павловское | 100,17 | 268,34 | 0,040 | 0,028 |
| ПДК | 350 | | 0,1 | |

Анализ конкретных измерений показывает, что основные источники загрязнения воздушной среды расположены на площадках крупных технологических объектов – установка первичной подготовки нефти (УППН), пункт сбора и сепарации нефти (НГСП).

Таким образом, оценка загрязнения атмосферного воздуха не является показателем трансформации экосистем, так как существенных различий между месторождениями с разной степенью трансформации не наблюдается.

Поверхностные воды. Фоновые содержания хлоридов в поверхностных водах на территории месторождений Пермского края колеблются от 3 до 26 мг/дм³, при этом максимальные значения не превышают 48 мг/дм³ (Костарев, Морозов, 2006). Фоновые значения содержания хлоридов в поверхностных водах имеют различия по территории месторождений, но нигде не превышают ПДК. Различия фоновых значений по территории вполне закономерны и объясняются природными факторами – неоднородностью гидрогеологических условий, преобладанием различных источников питания рек разных порядков. Содержание хлоридов в поверхностных водотоках определяется порядком или водностью рек (характеризует степень разбавления), особенностями питания водотоков (долей подземного питания), наличием карстовых процессов.

Сведений о фоновом содержании нефтепродуктов в поверхностных водах недостаточно. Содержание нефтепродуктов в поверхностных водах в естественном состоянии незначительны.

Средние значения содержания хлоридов в поверхностных водах за период эксплуатации выше фоновых в несколько раз, в ряде случаев превышают ПДК (табл. 1), что отражает степень трансформации водной среды.

Наиболее существенное увеличение содержания хлоридов в поверхностных водах за период эксплуатации наблюдается на территории Осинского и Павловского месторождений. Эти месторождения давно осваиваются, на них действуют полигоны подземного захоронения нефтепромысловых стоков.

Кроме того, на Осинском месторождении в 1969 г. было проведено два подземных ядерных взрыва для повышения степени нефтеотдачи пластов, в результате которых трещиноватость горных пород увеличилась в 4-40 раз [1]. Кроме того, на территории месторождения увеличилось количество дефектных эксплуатационных скважин с порывами колонн и с нарушенной заколонной цементацией в верхней части надпродуктивных пластов, что способствовало засолению подземных вод [2].

Среднее содержание нефтепродуктов в поверхностных водах за период эксплуатации примерно одинаково и в большинстве случаев ниже ПДК.

Динамика загрязнений за период эксплуатации месторождений

Для установления причин трансформации на наиболее нарушенных месторождениях проведен анализ графиков изменения концентрации загрязняющих веществ за период наблюдений.

Атмосферный воздух. На *Озерном нефтяном месторождении* опробование проводилось на расстоянии 1 км от промышленной площадки «Озерное». Отбор проб воздуха проводился в течение 5 лет, в различные сезоны года. Отбирались по 2 пробы с наветренной и подветренной сторон. Всего было проведено 30 опробований и 240 определений химических компонентов. Содержание ароматических углеводородов (бензол, толуол, ксилол) на протяжении всего периода наблюдений находится ниже ПДК_{н.м.}, за исключением единичных случаев превышения ПДК бензола в осенний период 2006 г. (1,5 ПДК, наветренная сторона) и ксилола в весенний период 2010 г. (3,3 ПДК, наветренная сторона). Концентрации фенола вблизи нефтегазосборного пункта «Озерное» находятся ниже ПДК_{н.м.}, за исключением опробований в 2006 г. (1,2-1,6 ПДК). Возможно, снижение концентраций фенола в 2009 и 2010 гг. связано с изменением технологического процесса. Значения концентраций по остальным показателям (сероводород, двуокиси серы и азота, предельные углеводороды) существенно ниже ПДК или пределов обнаружения. Направленных изменений концентраций загрязняющих веществ во времени не выявлено. Низкие значения за 2010-2012 гг. связаны с изменением технологии пробоотбора (повышение предела обнаружения).

На *Уньвинском нефтяном месторождении* опробование проводилось вблизи УППН «Уньва» (1 км от промышленной площадки), ДНС-1101 «Уньва» (300м от промплощадки) и куста-32 (д.Романово). Отбор проб воздуха проводился в течение 2011 г. Точки отбора располагались с наветренной и подветренной сторон. Всего было проведено 16 опробований и 128 определений

химических компонентов. Содержание исследуемых компонентов находится ниже ПДК_{н.м.} или пределов обнаружения.

На *Осинском нефтяном месторождении* опробование проводилось на 17 точках, вблизи нефтепромысловых объектов и населенных пунктов. Отбор проб воздуха проводился в течение 5 лет, всего было проведено 192 опробования и 1536 определений химических компонентов. Содержание ароматических (бензол, толуол, ксилол) и предельных углеводородов, диоксидов серы и азота, фенола на протяжении всего периода наблюдений – ниже ПДК_{н.м.}, содержание сероводорода находится ниже ПДК_{н.м.}, за исключением опробований в 1999 г., где наблюдалось превышение в 1,4 раза ПДК сероводорода вблизи УППН «Оса». Возможно, низкие концентрации в последующий период связаны с изменением технологического процесса.

На *Кокуйском нефтяном месторождении* опробование проводилось в 26 точках, вблизи нефтепромысловых объектов и в населенных пунктах. Всего было проведено 295 опробований и 2360 определений химических компонентов. В пробах воздуха, отобранных в июне 2000 г. на границе санитарно-защитной зоны нефтепромысловых объектов (скважины, газосборные пункты) и в населенных пунктах, зафиксировано превышение ПДК_{н.м.} ароматических углеводородов (бензол, толуол), а также фенола. Концентрации бензола – 2,4-3,9 ПДК, толуола – 1,0-2,6 ПДК, фенола – около 1 ПДК. При дальнейших исследованиях превышения нормативов качества воздушной среды для ароматических углеводородов не отмечено. Концентрация диоксида азота находится ниже ПДК_{н.м.}, за исключением опробований в летний период 2009 г., вблизи ДНС-1007, 1008. Содержание предельных углеводородов, сероводорода и диоксидов серы находится ниже ПДК_{н.м.}.

На *Павловском нефтяном месторождении* опробование проводилось в 9 точках вблизи нефтепромысловых объектов и населенных пунктов. Всего было проведено 124 опробования и 992 определения химических компонентов. Содержание ароматических (бензол, толуол, ксилол) и предельных углеводородов, сероводорода, диоксидов серы и азота, фенола на протяжении всего периода наблюдений находится ниже ПДК_{н.м.}, за исключением опробования в осенний период 2004 г., вблизи ДНС-0107, где зафиксированы превышения ПДК_{н.м.} для ароматических углеводородов (бензол и толуол).

Представленные результаты сопоставимы со значениями 1996 г. [6] и не превышают фактические концентрации загрязняющих веществ в атмосфере вблизи населенных пунктов на территории Осинского и Павловского месторождений.

Таким образом, загрязнение воздуха на территориях староосвоенных месторождений имеет тенденцию к стабилизации или сокращению, что, возможно, связано с изменением технологического процесса. Превышения ПДК носят единичный характер и наблюдались преимущественно до 2000 г. Лишь на Озерном месторождении с менее длительным сроком эксплуатации в 2006 г. наблюдались превышения ПДК ароматических углеводородов.

Поверхностные воды. Озерное нефтяное месторождение расположено вокруг озера Нюхти – остаточного озера в восточной части болота Дорыш. Площадь озера около 5,3 км². Средняя глубина 1,5 м [3]. Берега озера низкие заболоченные, постоянные водотоки, впадающие в озеро, отсутствуют. Из озера вытекает р. Исток – правый приток р. Колыва.

На территории Озерного месторождения регулярное опробование проводилось в озере Нюхти с 2005 по 2012 г. в 7 точках, расположенных вблизи скважин по периметру озера, и русле р. Исток, вытекающей из озера. Всего за период наблюдений произведено 518 определений загрязняющих веществ.

Содержание хлоридов в озере Нюхти значительно ниже ПДК_{х.п.} (рис. 1). В большинстве проб концентрации хлоридов составляют менее 20 мг/дм³, что соответствует фоновым значениям или лишь немного превышает их. Среднее значение концентрации хлоридов за весь период наблюдений составляет 12,42 мг/дм³. Единичные повышенные содержания хлоридов (до 200 мг/дм³) наблюдаются в весенне-летний период и связаны, возможно, с поверхностным смывом загрязнений с поверхности почвы или техногенного грунта в половодье и паводки.

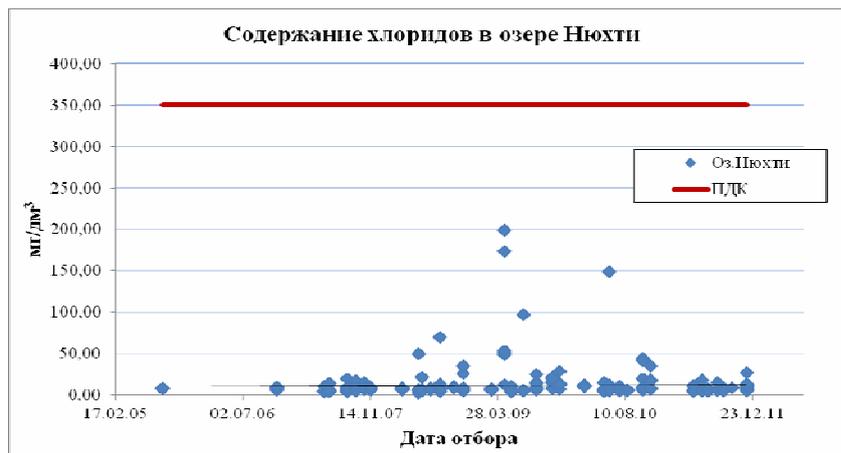


Рис. 1. Изменение содержания хлоридов в озере Нюхти за период наблюдений

Содержание нефтепродуктов в озере Нюхти за этот период также преимущественно ниже ПДКх.п. (рис. 2). Средние значения концентраций нефтепродуктов составляют $0,03 \text{ мг/дм}^3$. Единичные превышения ПДК до $0,3 \text{ мг/дм}^3$ (в 1,5-3 раза), выявленные 22 апреля 2009 г., совпадают с повышенным содержанием хлоридов, что может объясняться аварийным загрязнением поверхностных вод в период половодья.



Рис. 2. Изменение содержания нефтепродуктов в озере Нюхти за период наблюдений

В реке Исток, вытекающей из озера Нюхти, содержание хлоридов и нефтепродуктов за годы наблюдений не превышало установленных нормативов качества (рис. 3,4), что свидетельствует о существенном разбавлении загрязнений несмотря на аварийные сбросы.

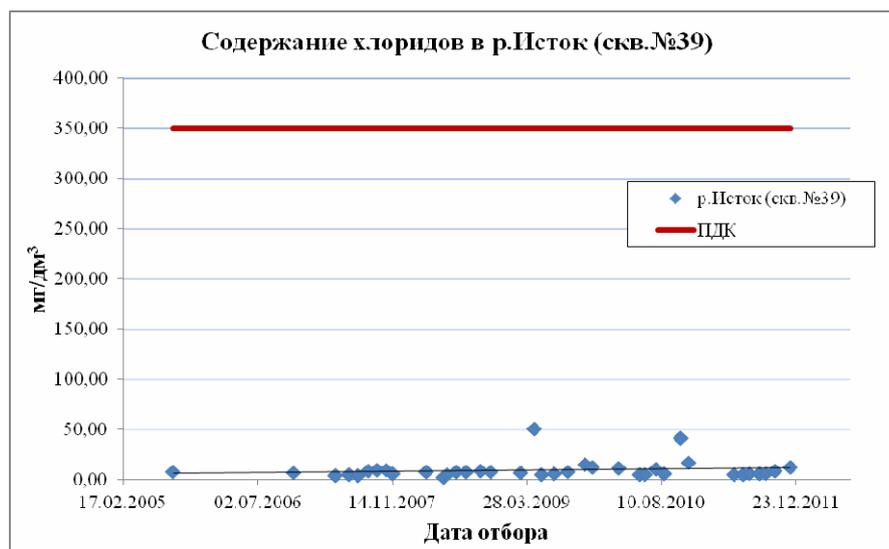


Рис. 3. Содержание хлоридов в р. Исток

Это подтверждается анализом распределения загрязняющих веществ в озере Нюхти, зафиксированным 22 апреля 2009 г. Единовременное опробование воды из озера в точках, расположенных по его периферии, показало, что повышенные содержания хлоридов наблюдаются в западной и юго-западной частях озера. На восточном берегу озера загрязнение не выявлено. Пробы, отобранные из русла р. Исток, вытекающей из озера в его юго-западной части, показали лишь незначительное повышение концентраций хлоридов.

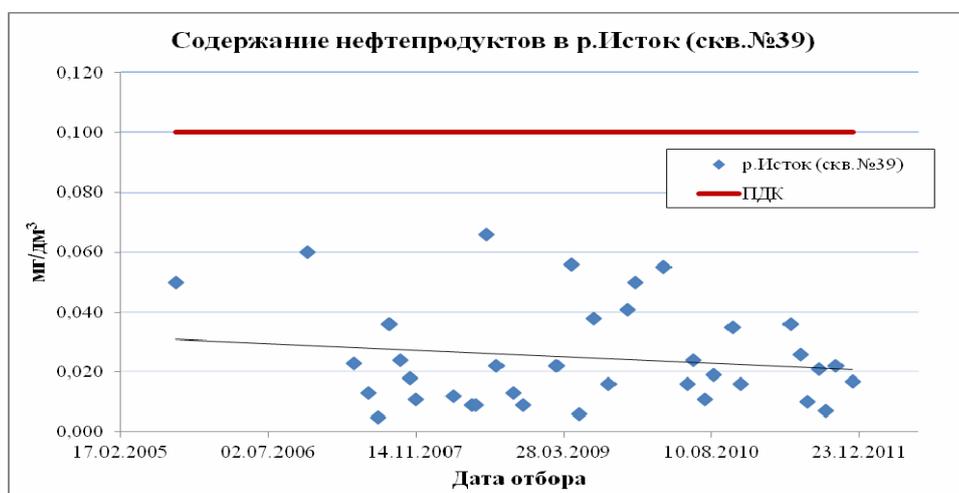


Рис. 4. Содержание нефтепродуктов в р. Исток

Повышенные содержания нефтепродуктов, составляющие до 3 ПДК, наблюдались в северной части озера. В других частях озера превышений не наблюдалось. Возможно, несовпадение картины загрязнений хлоридами и нефтепродуктами связано с ветровой деятельностью, приводящей к миграции легких фракций на поверхности воды.

Было рассчитано время обновления воды в озере. По данным С.А. Бузмакова и др. [4], измеренный в июле расход воды в р. Исток в месте выхода из озера составляет 54 л/с, или 4666 м³/сут. Учитывая, что сток реки зарегулирован озером, можно принять этот расход равным среднегодовому. Умножив среднюю глубину озера (1,5 м) на площадь (5,3 км²), получим объем озера – 7950000 м³. Следовательно, полное обновление воды в озере происходит за 7950000/4666/365=4,67 г. Расчеты показывают, что для того, чтобы концентрация хлоридов в озере достигла ПДК (350 мг/дм³), необходимо единовременное поступление в воду 2782,5 т хлоридов, или 584,56 т/год с

учетом обновления воды в озере. За период наблюдений (с 2005 г., за 7 лет) в озеро поступило 98,74 т хлора, т.е. 14,11 т/год, что более чем в 40 раз меньше допустимого.

Таблица 2

Характеристика рек Уньвинского месторождения

| Река | Куда впадает | Длина, км | Порядок по Стралеру-Философову |
|-----------------------------------|--|-----------|--------------------------------|
| Чижанка | Правый приток р. Уньвы | 7,6 | 3 |
| Большая Палашерка | Правый приток р. Уньвы | 8,2 | 3 |
| Малая Палашерка | Правый приток р. Уньвы | 7,2 | 3 |
| Уньва | Правый приток р. Яйвы | 41 | 4 |
| Правый приток р. Быстрая | Правый приток р. Быстрая (бас. р. Уньвы) | 1,2 | 1 |
| Вогулочка (левый приток р. Уньвы) | Левый приток р. Уньвы | 1,9 | 1 |
| Петровка (правый приток р. Уньвы) | Правый приток р. Уньвы | 1,5 | 1 |

Таким образом, из-за большого объема воды озеро Нюхти обладает большой разбавляющей способностью, благодаря чему концентрации попадающих в него загрязняющих веществ быстро снижаются во времени и практически не сказываются на среднегодовом химическом составе вод. Таким образом, в озере Нюхти происходит снижение концентрации загрязняющих веществ за счет растворения, аэробного разложения нефти и депонирования в донных отложениях, так как в вытекающей из него реке загрязнение не выявлено.

Уньвинское месторождение расположено в бассейне р. Уньвы (правый приток р. Яйвы). На территории Уньвинского нефтяного месторождения регулярное опробование проводилось в реках М.Палашерка, Б.Палашерка, Уньва, Чижанка, Петровка, правом притоке р.Быстрая, р.Вогулочка. Характеристика рек приведена в табл. 2.

Средние значения содержания хлоридов в различных водотоках Уньвинского месторождения не превышают ПДКх.п., но в большинстве случаев значительно выше фоновых (табл. 3).

Таблица 3

Средние значения исследуемых компонентов за период наблюдений в поверхностных водах на территории Уньвинского нефтяного месторождения

| Место отбора пробы | Концентрация хлоридов, | | | Концентрация нефтепродуктов | | |
|---|------------------------|-----------------|-------------|-----------------------------|-----------------|-------------|
| | мг/дм ³ | доля от фоновых | доля от ПДК | мг/дм ³ | доля от фоновых | доля от ПДК |
| р. М. Палашерка, ниже нефтяной скважины | 31,35 | 2,16 | 0,09 | 0,032 | 1,07 | 0,32 |
| р. Б. Палашерка, д. Палашер | 32,69 | 2,25 | 0,09 | 0,047 | 1,57 | 0,47 |
| р. Чижанка, устье | 89,99 | 6,21 | 0,26 | 0,022 | 0,73 | 0,22 |
| р. Петровка, ниже нефтяных скважин | 58,62 | 4,04 | 0,17 | 0,019 | 0,63 | 0,19 |
| Правый приток р.Быстрая, устье | 37,55 | 2,59 | 0,11 | 0,038 | 1,27 | 0,38 |
| р. Вогулочка, в 300 м от устья | 41,21 | 2,84 | 0,12 | 0,029 | 0,97 | 0,29 |
| р. Уньва, в 250 м ниже устья р. Б Палашерка | 17,11 | 1,18 | 0,05 | 0,025 | 0,83 | 0,25 |
| р. Уньва, у моста | 28,63 | 1,97 | 0,08 | 0,02 | 0,67 | 0,20 |

Наиболее загрязненными являются реки первых порядков, в бассейнах которых расположены нефтепромысловые объекты. В больших реках за счет большего объема воды происходит разбавление загрязняющих веществ. Так, наиболее крупная река месторождения (Уньва) характеризуется наиболее низким содержанием хлоридов. Однако на отрезке от верхней по течению границы месторождения (створ у д. Палашерка) до нижней границы месторождения (створ у моста) содержание хлоридов возрастает почти в 2 раза, что свидетельствует о поступлении загрязнения хлоридами с территории месторождения (табл. 3).

Наиболее загрязненной хлоридами рекой месторождения является Чижанка – правый приток Уньвы. В ее бассейне расположены ДНС «Уньва» и несколько кустов скважин. Также высокое содержание хлоридов отмечается в р. Петровка, в бассейне которой также расположены нефтяные объекты.

Анализ динамики загрязнений хлоридами во времени показывает, что пики концентрации хлоридов синхронны по рекам территории месторождения, что связано с повышенным поступлением хлоридов во время паводков или половодья. Однако тенденции изменения концентраций хлоридов за период наблюдений на разных реках месторождения различны. Так, на реках с наиболее высокими содержаниями хлоридов – Чижанке и Петровке – периоды повышенного загрязнения не совпадают и даже находятся в противофазе, что объясняется изменением техногенной активности в их бассейнах.

Содержания нефтепродуктов в реках разных порядков имеют близкие значения и в основном ниже ПДК. Единичные превышения отмечены на р. Б. Палашерка (4,5 ПДК) и правом притоке р. Быстрая (1,3 ПДК), что, вероятно, связано с одновременными выбросами загрязняющих веществ. В целом, за период наблюдений наблюдается слабое увеличение содержания нефтепродуктов в водотоках Уньвинского месторождения (рис. 5).



Рис. 5. Содержание нефтепродуктов в поверхностных водах на территории Уньвинского нефтяного месторождения

Осинское месторождение расположено на левом берегу Воткинского водохранилища большей частью в бассейнах рек Осинки, Ивановки, Сергеевки, Тишковки, Поварни. Юго-восточная часть месторождения расположена в бассейне р. Сидяха – левого притока р. Тулвы (табл. 4).

Таблица 4

Характеристика рек Осинского месторождения

| Река | Куда впадает | Длина, км | Порядок по Стралеру-Философфу |
|-----------|---------------------------|-----------|-------------------------------|
| Сидяха | Левый приток р. Тулвы | 14 | 2 |
| Осинка | Воткинское вдхр. | 15,6 | 3 |
| Ивановка | Правый приток р. Осинка | 5,9 | 2 |
| Сергеевка | Правый приток р. Осинка | 8,6 | 2 |
| Тишковка | Воткинское вдхр. | 7,4 | 2 |
| Поварня | Правый приток р. Тишковка | 5 | 1 |

На Осинском месторождении в 1969 г. было проведено два подземных ядерных взрыва для повышения степени нефтеотдачи пластов, в результате которых трещиноватость горных пород увеличилась в 4-40 раз [1]. Кроме того, на территории месторождения увеличилось количество дефектных эксплуатационных скважин с порывами колонн и с нарушенной заколонной цементацией в верхней части надпродуктивных пластов, что способствовало засолению подземных вод [2].

Исследования состояния поверхностных вод на территории Осинского месторождения проводились в 2004-2012 гг. в 10 точках отбора воды, всего за период наблюдений произведено 446 определений загрязняющих веществ.

В целом, содержание хлоридов в водотоках месторождения в основном не превышает ПДК за исключением р. Осинки в районе д. Устиново (табл. 5).

Максимальные значения характерны для вод рек Осинки и Сергеевки, в бассейнах которых расположены крупные нефтепромысловые объекты. По длине р. Сергеевки на территории месторождения увеличивается содержание хлоридов вниз по течению. Повышенное в период эксплуатации содержание хлоридов в р. Осинка (363,56 мг/дм³) связано с техногенной трансформацией, что также подтверждается сравнениями с фоновыми значениями, которые до 1979 г. для р. Осинки, как и для соседних рек месторождения, составляли 14,0 мг/дм³. Минимальные значения содержания хлоридов наблюдаются в р. Сидяха – 16 мг/дм³, что на порядок ниже, чем в большинстве других водотоков, и лишь немного превышает фоновые значения для этого участка реки – 14,2 мг/дм³ [6]. Невысокие средние значения концентраций хлоридов характерны также для р. Поварня (63 мг/дм³), расположенной у восточной границы месторождения, вдали от основных источников загрязнения.

Таблица 5

Средние значения содержания ЗВ в водотоках на территории Осинского нефтяного месторождения

| Место отбора пробы | Концентрация хлоридов | | | Концентрация нефтепродуктов | | |
|---|-----------------------|-----------------|-------------|-----------------------------|-----------------|-------------|
| | мг/дм ³ | доля от фоновых | доля от ПДК | мг/дм ³ | доля от фоновых | доля от ПДК |
| р.Сергеевка, д. Сергеево | 288,67 | 19,91 | 0,82 | 0,036 | 1,20 | 0,36 |
| р.Сергеевка, мост | 270,38 | 18,65 | 0,77 | 0,038 | 1,27 | 0,38 |
| р.Сергеевка, 50 м западнее нефтяной скважины | 219,03 | 15,11 | 0,63 | 0,047 | 1,57 | 0,47 |
| р.Осинка, д.Устиново | 363,56 | 25,07 | 1,04 | 0,03 | 1,00 | 0,30 |
| р.Ивановка, д.Ивановка | 124,54 | 8,59 | 0,36 | 0,058 | 1,93 | 0,58 |
| р.Тишковка, д.Тишково | 109,03 | 7,52 | 0,31 | 0,054 | 1,80 | 0,54 |
| р.Тишковка, 200 м восточнее нефтяной скважины | 116,51 | 8,04 | 0,33 | 0,041 | 1,37 | 0,41 |
| р.Тишковка, мост | 116,14 | 8,01 | 0,33 | 0,036 | 1,20 | 0,36 |
| р.Поварня, д. Кокшарово | 62,8 | 4,33 | 0,18 | 0,027 | 0,90 | 0,27 |
| р.Сидяха, мост | 16,03 | 1,11 | 0,05 | 0,039 | 1,30 | 0,39 |

Среднее содержание нефтепродуктов в реках на территории Осинского нефтяного месторождения ниже ПДК и практически не различается по водотокам разных порядков (табл. 6). В отдельных пробах, отобранных до 2006 г., наблюдается превышение нормативов качества в реках Сергеевка (1,8-3,4 ПДК), Тишковка (1,6-4,8 ПДК), Ивановка (2,8 ПДК), Сидяха (1,3-1,5 ПДК).

Кокуйское месторождение расположено в бассейне среднего течения р. Ирени (табл. 6). Исследования состояния поверхностных вод на территории Кокуйского месторождения проводились в 1998 – 2012 гг. в 9 точках отбора проб. Всего за период наблюдений произведено 688 определений загрязняющих веществ.

Таблица 6

Характеристика рек Кокуйского месторождения

| Река | Куда впадает | Длина, км | Порядок по Стралеру-Философфу |
|-----------|------------------------|-----------|-------------------------------|
| Н.Каменка | Ирень, правый | 5,7 | 1 |
| Турка | Лев, Ирень | 72 | 4 |
| Ирень | Правый приток р. Сылвы | 214 | 5 |
| Тураевка | Правый приток р. Ирени | 3,4 | 1 |
| Бымок | Левый приток р. Бым | 20 | 3 |
| Юг | Левый приток р. Турка | 30 | 3 |
| Веслянка | Правый приток р. Ирень | 1,5 | 1 |

Средние значения концентраций хлоридов имеют существенные различия по бассейнам рек. Минимальные значения содержания хлоридов характерны для р. Турки – левого притока р. Ирени и наиболее крупной реки месторождения – Ирени (табл. 7). Содержание хлоридов в этих реках находится в пределах фоновых значений и значительно ниже нормативов качества. По данным С.М. Костарева [10], фоновые значения концентраций загрязняющих веществ в поверхностных водах на территории Кокуйского месторождения (1976 г.) – р. Ирень, из поверхностного водозабора – 9,63 мг/дм³; правый берег р. Турка, водозабор – 4,33 мг/дм³, что свидетельствует о небольшом повышении средних концентраций за период эксплуатации относительно фоновых значений.

Максимальные значения содержания хлоридов характерны для рек первого порядка Н.Каменки и Тураевки. В бассейнах этих рек расположены ДНС и кусты скважин. На р. Н.Каменка после нефтеловушки среднее значение концентраций хлоридов выше ПДК. На р. Тураевке в истоке содержание хлоридов составляет 34,77 мг/дм³, а в устье возрастает в 3 раза до 104,42 мг/дм³.

Таблица 7

Средние значения содержания ЗВ в водотоках на территории Кокуйского нефтяного месторождения

| Место отбора пробы | Концентрация хлоридов | | | Концентрация нефтепродуктов | | |
|---|-----------------------|-----------------|-------------|-----------------------------|-----------------|-------------|
| | мг/дм ³ | доля от фоновых | доля от ПДК | мг/дм ³ | доля от фоновых | доля от ПДК |
| р.Н-Каменка, устье | 262,39 | 18,10 | 0,75 | 0,10 | 3,33 | 1,00 |
| р.Н-Каменка, после нефтеловушки | 420,96 | 29,03 | 1,20 | 0,71 | 23,67 | 7,10 |
| р.Ирень, д. Веслянка | 14,84 | 1,02 | 0,04 | 0,09 | 3,00 | 0,90 |
| р.Ирень, д. Федоровка | 6,79 | 0,47 | 0,02 | 0,08 | 2,67 | 0,80 |
| р.Ирень, д. Карьево | 8,29 | 0,57 | 0,02 | 0,09 | 3,00 | 0,90 |
| р.Турка, 150 м северо-восточнее нефтяной скважины | 5,16 | 0,36 | 0,01 | 0,08 | 2,67 | 0,80 |
| р.У-Турка, д. Маринкино | 5,26 | 0,36 | 0,02 | 0,09 | 3,00 | 0,90 |
| р.Тураевка, устье | 104,42 | 7,20 | 0,30 | 0,08 | 2,67 | 0,80 |
| р.Тураевка, выход из-под горы | 87,11 | 6,01 | 0,25 | 0,18 | 6,00 | 1,80 |
| р.Тураевка, у камнерезного завода | 102,23 | 7,05 | 0,29 | 0,12 | 4,00 | 1,20 |
| р.Тураевка, исток | 34,77 | 2,40 | 0,10 | 0,04 | 1,33 | 0,40 |
| р.Бымок, д. Лужки | 11,79 | 0,81 | 0,03 | 0,06 | 2,00 | 0,60 |
| р.Бымок, д. Бымок | 14,73 | 1,02 | 0,04 | 0,09 | 3,00 | 0,90 |
| р.Юг, 1,7 км юго-западнее нефтяной скважины | 9,51 | 0,66 | 0,03 | 0,08 | 2,67 | 0,80 |
| р.Веслянка, устье | 9,7 | 0,67 | 0,03 | 0,05 | 1,67 | 0,50 |

Содержание нефтепродуктов в реках на территории Кокуйского нефтяного месторождения имеет меньшие различия по рекам. В большинстве рек средние значения ниже ПДК за исключением Н.Каменки и Тураевки. Однако разовые превышения ПДК за период наблюдений отмечались на всех опробованных реках за исключением истока р. Тураевки.

Павловское месторождение расположено в бассейне р. Козьяш (левый приток р. Танып). Исследования состояния поверхностных вод на территории Павловского месторождения проводились с 2001 по 2012 г. в 8 точках отбора проб. Всего за период наблюдений произведено 496 определений загрязняющих веществ. Регулярное опробование поверхностных вод проводилось в реках Уварговка, Козьяшка, Исаковка и др. (табл. 8).

Таблица 8

Характеристика рек Павловского месторождения

| Река | Куда впадает | Длина, км | Порядок по Стралеру-Философфу |
|----------------------|-----------------------|-----------|-------------------------------|
| Козьяш (с Козьяшкой) | Танып | 45 | 4 |
| Уварговка | Левый приток р.Козьяш | 6,8 | 2 |
| Исаковка | Левый приток р.Козьяш | 9 | 4 |
| Ольховка | Правый приток р. Тюй | 5,6 | 2 |
| Бизяр | Правый приток р. Тюй | 17,42 | 3 |

Средние значения содержания хлоридов не превышают ПДК, но существенно выше фоновых (табл. 9). Максимальные значения концентраций хлоридов наблюдаются в реках Исаковка и Уварговка, в бассейнах которых расположена УППН. В разовых пробах превышения ПДК по хлоридам отмечалось 15 ноября 2011 г. в р. Исаковке (1,3-1,4 ПДК).

Таблица 9

Средние значения содержания ЗВ в водотоках на территории Павловского нефтяного месторождения

| Место отбора пробы | Концентрация хлоридов | | | Концентрация нефтепродуктов | | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------|-------------|-----------------------------|-----------------|-------------|
| | мг/дм ³ | доля от фоновых | доля от ПДК | мг/дм ³ | доля от фоновых | доля от ПДК |
| р. Уварговка, д. Дмитриевка | 157,6 | 10,87 | 0,45 | 0,044 | 1,47 | 0,44 |
| р. Уварговка, устье | 148,61 | 10,25 | 0,42 | 0,03 | 1,00 | 0,30 |
| р. Козьяшка, устье р.Тряс | 53,66 | 3,70 | 0,15 | 0,025 | 0,83 | 0,25 |
| р. Козьяш, ж/д мост | 80,49 | 5,55 | 0,23 | 0,026 | 0,87 | 0,26 |
| р. Исаковка, устье р. Лысая Гора | 192,34 | 13,26 | 0,55 | 0,032 | 1,07 | 0,32 |
| р. Исаковка, устье | 136,73 | 9,43 | 0,39 | 0,034 | 1,13 | 0,34 |
| р. Ольховка, ж/д дорога | 12,06 | 0,83 | 0,03 | 0,068 | 2,27 | 0,68 |
| р. Бизяр, д. Баяс | 19,84 | 1,37 | 0,06 | 0,035 | 1,17 | 0,35 |

Средние концентрации нефтепродуктов ниже ПДК и близки к фоновым значениям. Единичные превышения ПДК отмечались в различные периоды. Максимальное превышение – 9 ПДК отмечалось в р. Ольховке в августе 2001 г. и связано с аварийными выбросами.

Выводы

На выбранных месторождениях выявлена различная степень трансформации природной среды. По комплексу показателей наиболее загрязненными являются наиболее длительно эксплуатируемые месторождения – Осинское, Кокуйское и Павловское.

В целом можно отметить, что степень загрязнения водных объектов выбранных месторождений зависит не только от степени техногенного воздействия (количества нефтепромысловых объектов в их бассейнах), но и от водности рек и скорости водообмена в озере. За исследованный период максимальные превышения фоновых и предельно допустимых концентраций хлоридов и нефтепродуктов наблюдались на реках 1-го порядка, а также в реке 3-го порядка Осинке. В больших реках (4-го и 5-го порядка) превышений ПДК не наблюдается, а превышения фоновых значений по хлоридам минимальны.

Так, несмотря на наличие разовых аварийных выбросов ЗВ, содержание хлоридов и нефтепродуктов в озере Нюхти на Озерном месторождении значительно ниже ПДКх.п. В большинстве проб концентрации хлоридов составляют менее 20 мг/дм³, что соответствует фоновым значениям или лишь немного превышает их, что объясняется большой разбавляющей способностью озера. Расчеты показывают, что в настоящее время в озеро поступает в 40 раз меньше хлоридов, чем необходимо до достижения ПДК.

На территории Уньвинского месторождения среднее содержание хлоридов в р. Уньве при ее прохождении через территорию месторождения возрастает почти в 2 раза (с 17,11 до 28,63 мг/дм³), но не превышает ПДКх.п. Концентрации хлоридов выше фоновых в водотоках 1-4-го порядков и на уровне фоновых значений в р. Уньва. По нефтепродуктам ПДКх.п. нигде не превышает, но фоновые значения превышены в р. Палашерка (3-й порядок) и правом притоке р. Быстрая (1-й порядок).

На территории Осинского месторождения нет крупных водотоков, все водотоки 1-3-го порядков, но современная техногенная ситуация осложнена увеличением трещиноватости горных пород и количества дефектных скважин, что связано с проведением ПЯВ. Наиболее крупной рекой месторождения является р. Осинка (3-й порядок). Однако в ее бассейне расположено наибольшее количество нефтепромысловых объектов, поэтому она наиболее загрязненная, в ней наблюдается превышение ПДК хлоридов, концентрации хлоридов в р. Осинке за период эксплуатации возросли в 26 раз (с 14 до 363 мг/дм³). В остальных реках по хлоридам и нефтепродуктам превышения ПДК не наблюдаются, но значения существенно превышают фоновые. В р. Сидяхе (1-й порядок) концентрации хлоридов и нефтепродуктов – на уровне фоновых значений, так как нефтепромысловые объекты в ее долине отсутствуют.

На территории Кокуйского месторождения значения концентраций ЗВ существенно различаются по водотокам, наблюдаются превышения ПДК как по хлоридам, так и по нефтепродуктам. Наиболее чистой является самая большая река месторождения – Ирень, здесь концентрации находятся практически на уровне фоновых. Наиболее загрязнены реки Тураевка и Н. Каменка, где наблюдаются превышения ПДК, что связано с наличием нефтепромысловых объектов и подземных источников загрязнения. В больших реках, имеющих большие расходы воды и соответственно большее разбавление, содержание хлоридов ниже, чем в малых реках. Например, на р. Ирени, протекающей через территорию Кокуйского месторождения, содержание хлоридов (6,8-14,8 мг/дм³) в 6-70 раз ниже, чем в реках 1-го порядка – Н.Каменке (262,39-420,96 мг/дм³) и Тураевке (87,11-104,42 мг/дм³).

Реки территории Павловского месторождения имеют близкие порядки (2-4). Значения концентраций хлоридов и нефтепродуктов не превышают ПДК, но существенно выше фоновых. Различия по загрязнениям в целом невелики.

На всех выбранных месторождениях средние значения содержания хлоридов в поверхностных водах за период эксплуатации выше фоновых в несколько раз, но не превышают ПДК. Среднее содержание нефтепродуктов в поверхностных водах выбранных месторождений за период эксплуатации примерно одинаково и ниже ПДК.

Концентрации нефтепродуктов не так сильно различаются по месторождениям и рекам, и часто их динамика не аналогична динамике содержания хлоридов. По ряду месторождений за период эксплуатации наблюдается тенденция к снижению их концентрации во времени, что может быть связано с изменением технологического процесса или с повышением качества работы экологических служб нефтедобывающих предприятий.

Исследования загрязнения воздушной среды применимы для оперативной оценки состояния контролируемых показателей, но не информативны для общего анализа техногенной трансформации территории месторождений. Средние значения показателей загрязнения воздуха за 1999-2011 гг. на территории месторождений практически не различаются. Уровень концентраций исследуемых химических компонентов в целом не зависит от географического расположения нефтяного месторождения, длительности эксплуатации и количества источников загрязнения. За весь период

наблюдения зафиксированы единичные превышения нормативов качества воздушной среды, свидетельствующие о разовых аварийных выбросах. Из проанализированных в воздухе загрязняющих веществ для анализа динамики загрязнения показательны ароматические углеводороды и фенолы, которые связаны с нефтедобычей.

Проведенный анализ содержания загрязняющих веществ в воздушной и водной средах показал, что различные компоненты природной среды в разной степени применимы для анализа трансформации экосистем.

Библиографический список

1. Адушкин В.В, Спивак А.А. Изменение свойств горных пород и массивов при подземных ядерных взрывах // Физика горения и взрыва. 2004. Т. 40. №6. С. 15-24.
2. Бачурин Б.А. Подземные ядерные взрывы в районах нефтедобычи Пермского Прикамья: Радиоэкологические аспекты // Проблемы безопасности при эксплуатации месторождений полезных ископаемых в зонах градопромышленных агломераций: мат. Межд. симпозиума. Екатеринбург, 1997. С. 420-427.
3. Бузмаков С.А. Методы геоэкологических исследований нефтепромышленной трансформации наземных экосистем // Географический вестник. 2005. № 1–2. С. 138-148.
4. Бузмаков С.А., Воронов Г.А., Кулакова С.А. Ландшафтный заказник «Нижневишерский». Пермь: Изд-во «Мобиле», 2004. 47 с.
5. Бузмаков С.А., Гатина Е.Л. Оценка изменений ботанического разнообразия при антропогенном воздействии на территории Пермского края // Географический вестник. 2009. №2. С. 1-8.
6. Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь, 2003. 171с.
7. Бузмаков С.А., Кулакова С.А. Формирование природно-техногенных экосистем на территории нефтяных месторождений (на примере Пермского края) // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2007. №1. С. 20-24.
8. Бычков С.Г., Неганов В.М., Мичурин А.В. Нефтегазогеологическое районирование территории Пермского края // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2010. <http://www.ogbus.ru/Buchkov/Buchkov2.pdf>. 28 с. (дата обращения: 17.05.2012).
9. Ананьев Г.С. Динамическая геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1992. 448 с.
10. Костарев С.М., Морозов М.Г. Трансформация химического состава вод в районах нефтедобычи Пермского края // Проблемы экологии, охраны природы и природопользования: сб. научн. тр. Пермь, 2006. С. 52-65.
11. Силин-Бекчурин А.И. О куполообразном залегании минеральных вод в долинах Камы и Волги // Советская геология. 1941. №4. С. 39-51.
12. Шимановский Л.А., Шимановская И.А. Пресные подземные воды Пермской области. Пермь, 1973. 179 с.

S.A.Chaykin

ANALYSIS OF ATMOSPHERIC AIR AND SURFACE WATER FOR ASSESSMENT OF ECOSYSTEM TRANSFORMATION AT OLD-DEVELOPED FIELDS IN THE PERM TERRITORY

This study is devoted to assessment of ecosystem transformation through analysis of ecogeochemical properties of atmospheric air and surface water at a number of fields in Perm Territory.

Key words: oil production, atmospheric air and surface water pollution, ecosystem transformation, Perm Territory.

Sergey A.Chaykin, Graduated of Department of Biogeocenology and Nature Protection, Perm State University; 15 Bukireva, Perm, Russia 614990; chaykinsa@hotmail.com