

УДК: 614.7:504.062/470+571/-17/  
DOI: 10.24411/2658-4255-2019-10065

## О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

М.В. Волкодаева<sup>1</sup>, Я.А. Володина<sup>1</sup>, А.Ю. Ломтев<sup>2</sup>, С.Н. Носков<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», г. Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Институт проектирования, экологии и гигиены, г. Санкт-Петербург

<sup>3</sup>ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург

✉ [Volkodaeva\\_MV@pers.spmi.ru](mailto:Volkodaeva_MV@pers.spmi.ru), [lomtev@atr-sz.ru](mailto:lomtev@atr-sz.ru), [sergeinoskov@mail.ru](mailto:sergeinoskov@mail.ru)

В процессе освоения человеком территорий Крайнего Севера происходит активное изменение природной среды. Разработка месторождений и сопутствующие ей технологические процессы являются одним из основных видов техногенной нагрузки и оказывают негативное влияние на все компоненты среды. Многократно усиливаются последствия воздействия добычи полезных ископаемых в сложных климатических условиях Крайнего Севера вследствие низкой способности экосистем к самовосстановлению. Для решения существующих экологических проблем и обеспечения устойчивого развития региона необходимо обладать объективной информацией о состоянии окружающей среды. Единственно возможный путь получения такой информации – мониторинг, включающий систему наблюдений, оценки и прогноза состояния природной среды, результаты которого обеспечат комплексную оценку экологического состояния окружающей среды, степень антропогенного воздействия, а также позволят сделать прогнозы развития экологических ситуаций с учетом внешних и внутренних факторов среды

**Ключевые слова:** Крайний Север, экологический мониторинг, антропогенное воздействие, экологический контроль.

## ON THE NECESSITY OF THE FAR NORTH ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM DEVELOPMENT

M.V. Volkodaeva<sup>1</sup>, Ya.A. Volodina<sup>1</sup>, A.Yu. Lomtev<sup>2</sup>, S.N. Noskov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Saint-Petersburg Mining University

<sup>2</sup>Institute of Design, Ecology and Hygiene, St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup>Northwest Public Health Research Center, St.Petersburg, Russia

In the process of human development of the territories of the Far North, an active change in the natural environment occurs. Field development and the accompanying technological processes are one of the main types of technogenic load and have a negative impact on all components of the environment. The consequences of the impact of mining in the difficult climate conditions of the Far North are repeatedly amplified due to the low ability of ecosystems to self-repair. To solve existing environmental problems and ensure sustainable development of the region, it is necessary to have objective information about the state of the environment. Monitoring, which includes a system of observations, assessments and forecasts of the state of the environment is the only possible way to obtain such information. The results of the surveys will provide a comprehensive assessment of the ecological state of the environment, the degree of anthropogenic impact, and will also make it possible to make forecasts of the development of environmental situations, taking into account external and internal environmental factors.

**Keywords:** the Far North, environmental monitoring, human impact, environmental control.

Крайний Север — часть территории Земли, расположенная, главным образом, к северу от Северного полярного круга, включающая в себя районы северной тайги, лесотундру, тундру и арктическую зону. Климат в некоторых районах чрезвычайно суровый. Основными особенностями территории являются низкие значения радиационного баланса, близкие к 0°C средние температуры воздуха летних месяцев (при отрицательной среднегодовой температуре), широкое распространение ледников и многолетней мерзлоты (мощностью до 500 м), наличие небольшого слоя сезонного оттаивания (не выше 70 см).

Территория Крайнего Севера России составляет около 11,4 миллионов квадратных километров, а населяет эту территорию примерно 10 миллионов человек [1]. Несмотря на небольшую плотность населения, природная среда Крайнего Севера подвергается значительной антропогенной нагрузке.

Воздействие человека связано, прежде всего, с поисками месторождений нефти и газа и дальнейшей их эксплуатацией. Строительство и эксплуатация объектов нефтегазовой отрасли всегда затрагивает флору и фауну территории. Основными видами воздействия являются: отчуждение территории, подтопление или осушение земель, загрязнение компонентов окружающей среды, прокладка дорог и линий коммуникаций, вырубка леса и изменение характера землепользования, нарушение тундрового покрова в районах Крайнего Севера, изменение гидрологического режима водных объектов, а также шумовые, световые, вибрационные, электромагнитные воздействия.

Так, серьезный вред окружающей среде наносится в процессе обустройства и эксплуатации нефтяных месторождений. Буровые установки, пункты сбора, подготовки нефти и газа, трубопроводы, шламовые амбары являются потенциальными источниками загрязнения. Опасным видом техногенного воздействия на ландшафт является также бурение нефтяных и газовых скважин, сопровождающиеся загрязнением грунтов, поверхностных и подземных вод химическими реагентами, нефтью, буровыми растворами, физическим нарушением почвенно-растительного покрова и температурного режима многолетнемерзлых грунтов [2]. Следует учитывать, что загрязняющие вещества, попадая из источников в одну из природных сред (воздушную, водную, почвенную), вовлекаются в общую миграцию веществ и затем распространяются во всех средах [3].

Низкие температуры воздуха и высокая обводненность территории не способствуют интенсификации химических процессов и приводят к накоплению производственных отходов. Нарушения, характерные для региона элементов ландшафта, влекут активизацию термокарста, эрозии, пучинистых процессов, подтопление, заболачиваемость [4].

Более того, географическое положение, климатические и метеорологические условия, особый рельеф местности, характеризующийся высокой степенью заболоченности, также способствуют возникновению чрезвычайных ситуаций на территории месторождения.

Различные физико-географические процессы, а также деятельность человека, существенно изменяющие гидрологическую сеть территорий Крайнего Севера, оказывают влияние как на ландшафты в целом, так и на растительность в частности. Происходят изменения ландшафтов, связанные с многолетнемерзлыми породами. Так, например, сфагново-лишайниковые болота переходят в ерниковые, с увеличением залегания кровли многолетнемерзлых пород и образованием горизонта верховодки. Акватории спущенных озер постепенно занимаются осоково-сфагновыми болотами. На месте вновь образованных термоэрозионных ложбин формируются различные подтипы сфагновых болот. Подтопление в пределах ареала многолетнемерзлых пород способствует образованию несквозных таликов с толщиной мерзлых пород на несколько метров и формированием биологически мертвых водоемов. При подтоплении сосновых лесов наблюдается гибель древесного и травяно-кустарничкового яруса и образование травяных болот, как правило, небольших по площади. Но наиболее серьезный ущерб наносится самым продуктивным северотаежным пойменным лесам — полностью гибнут все растительные ярусы и образуются труднопроходимые хвощовые болота [4].

В связи с увеличением антропогенного воздействия необходимо отслеживать изменение состояния природной среды как в ходе естественных процессов, так и во время строительства, эксплуатации, ремонта и ликвидации различных промышленных объектов. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о необходимости проведения экологического мониторинга, как фонового, так и производственного.

Мониторинг, в общих чертах, представляет собой комплекс мероприятий по определению состояния окружающей среды и отслеживанию происходящих в ней изменений, включающий систему наблюдений, оценки и прогноза. Блок-схема системы мониторинга представлена на Рисунке 1.

Следует принять во внимание, что сама система мониторинга не включает деятельность по управлению качеством среды, но, в идеале, является источником информации, необходимой для принятия некоторых экологически значимых решений.

#### **Фоновый экологический мониторинг**

Крайне важным является проведение наблюдений за состоянием природной среды и за изменениями, происходящими в ней в

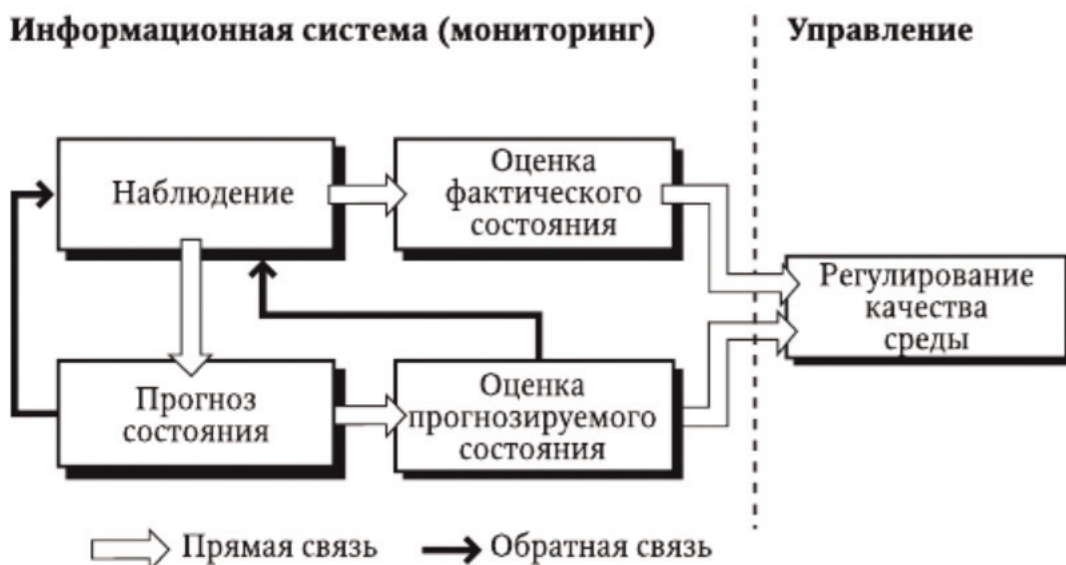


Рис. 1. Блок-схема системы мониторинга

ходе естественных процессов, особенно на территории Крайнего Севера. Данный вид экологического мониторинга называется фоновым. Регулярность таких исследований позволяет определить долгосрочную динамику и дать оценку состоянию окружающей среды. В качестве объектов наблюдений выступают компоненты природной среды. При проведении фонового мониторинга ведутся постоянные гидрометеорологические наблюдения и определение содержания загрязняющих веществ.

Состав показателей гидрометеорологических наблюдений: температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, атмосферное давление, облачность, солнечное сияние, атмосферные явления (туман, метель, гроза и т.п.), количество и интенсивность осадков, снежный покров, температура почвы (на глубине до 20 см), состояние поверхности почвы, температура, влажность, скорость ветра, тепловой баланс. На водных объектах определяются следующие показатели: уровень, расход, температура воды, волнение, течения, ледовый покров, распространение водной растительности, уровень грунтовых вод. Периодичность данных наблюдений — стандартная, принятая в гидрометеослужбе.

Помимо определения гидрометеорологических параметров, в атмосферном воздухе определяют содержание взвешенных веществ, аэрозольную мутность, концентрации озона, оксидов углерода, серы и азота, сульфатов, нефтяных углеводородов, 3,4-БП, ДДТ и других ХОП, свинца, кадмия, ртути, мышьяка.

В атмосферных выпадениях и снеге определяют свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, 3,4-БП, ДДТ и другие ХОП, рН, главные катионы и анионы. Частота наблюдений: влажные осадки —

интегральные пробы за 10 дней и 1 месяц; сухие выпадения — интегральная проба за 1 месяц; снег — интегральная проба на всю глубину перед сходом снежного покрова.

В поверхностных и подземных водах, взвесах, донных отложениях и почве определяют свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, 3,4-БП, ДДТ и другие ХОП, рН, а также биогенные элементы. Частота наблюдений: вода и взвеси — в характерные гидрологические периоды (половодье, летняя и зимняя межень, дождевые паводки); донные отложения и почва — 1 раз в год.

В биологических объектах определяют свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, 3,4-БП, ДДТ и другие ХОП. Частота наблюдений зависит от природы объекта.

Одним из частных случаев фонового мониторинга является фоновый мониторинг районов предполагаемого строительства промышленных и энергетических предприятий, геологической разведки и последующей добычи полезных ископаемых. Цель такого фонового мониторинга — определить степень влияния нового антропогенного источника загрязнителей на данный регион. Поэтому он должен быть организован и начат как можно раньше, желательно на стадии начала разработки технического проекта данного объекта, и продолжаться в период строительства. Если период наблюдений до пуска объекта будет достаточно продолжителен, надежность прогноза фонового состояния компонентов окружающей среды региона и оценки влияния нового источника загрязнения возрастает. Программа наблюдений в этом случае должна учитывать загрязнители, которые будут выбрасываться новым объектом, а частота наблюдений по возможности увеличена.

### Производственный экологический мониторинг

Помимо проведения фоновый мониторинга необходимо также отслеживать изменение состояния природной среды как при эксплуатации, так и во время строительства, ремонта и ликвидации различных промышленных объектов. Это ведет к необходимости проведения производственного экологического мониторинга.

Система производственного экологического мониторинга является обязательной составляющей частью системы производственного экологического контроля объекта или предприятия. Производственный экологический контроль проводится для обеспечения и соблюдения действующего природоохранного законодательства, рационального природопользования, разработки и выполнения планов природоохранных мероприятий, оздоровления окружающей среды<sup>1</sup>.

Следует учитывать, что наблюдения при нормальной экологической ситуации рекомендуется осуществлять с периодичностью не менее двух раз в период проведения работ. Пробоотбор следует проводить выборочно в соответствии с привязкой графика к теплomu времени года (июнь – сентябрь) – при отборе природных поверхностных вод, донных отложений и почв; а в зимнее время – при отборе проб снега. Снятие фоновых показателей – перед началом производства работ, повторное обследование – по завершении строительства или ликвидации объектов [5].

### Средства экологического контроля

Производственный и фоновый мониторинг подразумевают использование средств

<sup>1</sup> ВРД 39-1.13-081-2003. Система производственного экологического мониторинга на объектах газовой промышленности. Правила проектирования.

экологического контроля, которые, с точки зрения используемых методов исследования, можно разделить на дистанционные и наземные. Дистанционные методы основаны на регистрации собственного или отраженного сигнала волновой природы и осуществляются посредством зондирующих полей (электромагнитных, акустических, гравитационных) и переноса полученной информации к датчику. Схема дистанционного зондирования представлена на Рисунке 2.

Очевидным преимуществом дистанционного измерения, особенно в районах Крайнего Севера, является возможность непрерывного и удаленного определения средних концентраций вредных веществ по площади (в отличие от наземных методов, которые дают концентрации лишь в одной точке), а также оценки вертикального распределения примесей, характеризующих потенциал загрязнений. Кроме того, данные методы позволяют оценивать движение загрязняющих веществ в атмосфере без анализа проб в различных пунктах и, таким образом, устанавливать влияние источника загрязнения, расположенного на расстоянии нескольких километров, прогнозировать возможные чрезвычайные ситуации.

Наземные методы базируются на физико-химических и биологических методах исследования. Условно биологические методы можно разделить на методы биоиндикации вод и биотестирования. Система оценки степени загрязнения атмосферного воздуха, водоемов и почвы, основанная на учете состояния соответствующих экосистем, называется биоиндикацией. Методы биоиндикации основываются преимущественно на двух принципах: регистрации обнаружения характерных организмов (биоиндикаторов) и анализе видовой структуры биоценозов. В отличие от биоиндикации, методы



Рис. 2. Схема дистанционного зондирования

биотестирования представляют собой характеристику степени воздействия на водные биоценозы. Указанные методы позволяют получить достаточно надежные данные о токсичности конкретной пробы загрязненной воды, чем приближаются к химическим.

Физико-химические методы – это методы анализа, используемые в современных лабораториях, занимающихся контролем окружающей среды, включающие множество вариантов оптических методов анализа (например, спектрофотометрию в видимой, УФ- и ИК-областях), методов разделения на основе газовой, жидкостной и тонкослойной хроматографии, радиометрических методов (применяются ограниченно, так как требуют специально подготовленных лабораторий) и электрохимических методов, таких как вольтамперометрия и ионометрия, имеющих определенные преимущества с точки зрения низкой стоимости и необходимых расходов на эксплуатацию приборов. Физико-химические методы, давая возможность с высокой точностью определять концентрации загрязняющих веществ, тем не менее, не позволяют оценить реальные биологические эффекты как отдельных веществ, так и их комплексов и, тем более, продуктов их трансформации.

При определении гидрометеорологических показателей, как правило, используют следующее оборудование: актинометры, анемометры, барометры, гигрометры, термометры и другие приборы. Для комплексных измерений метеорологических характеристик состояния атмосферы используется метеорограф, включающий в себя устройства, регистрирующие изменения влажности, температуры и давления. Также изучение состояния природных процессов подразумевает использование неконтактных методов контроля (акустических, радиоакустических, радиолокационных), позволяющих получать пространственную и временную информацию об изменении параметров среды.

Контроль загрязнения атмосферного воздуха проводится различными дистанционными методами исследования. В последнее время активно развиваются методы лидарного (лазерного) контроля атмосферы. Однако, при невозможности использования дорогостоящего оборудования для удаленной оценки состояния воздушной среды, применяются наземные методы, подразумевающие первоначальный отбор проб на местности и их дальнейший анализ в специализированной лаборатории. Исследование отобранных проб атмосферного воздуха часто происходит посредством спектроскопии и хроматографических методов анализа [6].

Система наблюдений за состоянием и качеством водной среды включает слежение за уровнем воды с использованием водомерных реек, а также различных

самописцев. Измерение температуры водной поверхности осуществляется, как правило, с помощью термометров, но также возможно применение активных радиолокационных методов с использованием радиолокаторов, а измерение температуры водной среды – радиояркостным методом. Для непрерывного дистанционного контроля глубины водоема используют профилографы, которые по принципу действия делятся на механические, гидростатические и акустические. Для измерения скорости течения рек используется поплавковый метод с применением поверхностных, глубинных и интеграционных поплавков, а также гидрометрических вертушек. Контроль загрязнения водной среды дистанционными неконтактными методами осуществляется с помощью аэрофотосъемки. Наиболее перспективными дистанционными неконтактными методами контроля нефти являются лазерный флуоресцентный, радиометрический и некоторые другие. При применении наземных методов контроля загрязнения водной среды сначала необходимо произвести отбор проб, а затем определить содержание веществ в лабораторных условиях.

Для мониторинга биолитосферы используется радарная аэросъемка. Радарную аэросъемку применяют для значительных площадей и получают изображение малых масштабов, благодаря чему она является мощным обобщающим способом изучения ландшафтных особенностей, что особенно актуально для территорий Крайнего Севера.

Одним из практически полезных методов почвенного контроля является метод изучения поверхностных радиоволн в различных его вариантах. Но, тем не менее, на практике чаще встречается применение наземных методов исследования состояния почв.

Важную роль в экологических исследованиях играет дистанционный контроль сезонного снежного покрова. Изучение снежного покрова (граница покрова, глубина, плотность, температура, влагосодержание) проводят, как правило, с помощью активных и пассивных радиояркостных методов.

Для аэроисследования геологического строения земной коры, поиска и разведки месторождений полезных ископаемых используют следующие методы дистанционной индикации: фотосъемку, магнитные способы, гамма-съемку, электроразведку, гравитационную разведку, радиолокацию. В настоящее время экологический интерес к этим методам особенно проявляется при проектировании топливно-энергетических комплексов, изыскании железнодорожных трасс, выборе места заложения плотин, электростанций, проектировании трубопроводов, каналов, тоннелей и других объектов.

Таким образом, при проведении мониторинга окружающей среды возможно применение разнообразных средств и методов контроля.

Выбор средств экологического контроля зависит, в первую очередь, от поставленных задач, а получаемая информация должна быть достоверной, полной, оперативной.

В процессе освоения человеком территорий Крайнего Севера происходит активное изменение природной среды. Разработка месторождений и сопутствующие ей технологические процессы являются одним из основных видов техногенной нагрузки и оказывают негативное влияние на все компоненты среды. Многократно усиливаются последствия воздействия добычи полезных ископаемых в сложных климатических условиях Крайнего Севера вследствие низкой способности экосистем к самовосстановлению. Для решения существующих экологических проблем и обеспечения устойчивого развития региона необходимо обладать объективной информацией о состоянии окружающей среды. Единственно возможный путь получения такой информации – мониторинг, включающий систему наблюдений, оценки и прогноза состояния природной среды.

С целью отслеживания изменений, происходящих в ходе естественных процессов, следует проводить постоянный фоновый мониторинг, в то же время необходимо уделять повышенное внимание промышленно развитым районам, в том числе обеспечению экологической безопасности на этапах проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации различных промышленных объектов. Для осуществления полноценного анализа состояния природной среды производимые наблюдения должны

носить комплексный характер, охватывать все компоненты окружающей среды, быть периодичными, а получаемая информация – репрезентативной.

С целью повышения качества получаемой экологической информации следует разрабатывать и пересматривать научно-методологические основы определения уровней загрязняющих веществ, проводить комплексные научные исследования по оценке состояния окружающей среды Крайнего Севера, усовершенствовать техническое обеспечение сети мониторинга, расширить перечень наблюдаемых параметров. Также необходимо уделять внимание оптимизации процесса информационного сопровождения на основе геоинформационных технологий, создавать базы экологических данных, размещать их в открытом доступе. Для выработки механизмов управления качеством окружающей среды и природопользования требуется обеспечить функционирование и дальнейшее развитие системы мониторинга. Она должна развиваться на базе существующих и перспективных служб, систем наблюдений и современных информационных технологий. Для этого также необходимо развивать новые методы, разрабатывать единые методические и метрологические базы.

Результаты выполненных обследований в рамках мониторинга обеспечат комплексную оценку экологического состояния окружающей среды, степень антропогенного воздействия, а также позволят сделать прогнозы развития экологических ситуаций с учетом внешних и внутренних факторов среды.

**Список литературы:**

1. Экономические и социальные показатели районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей: сайт Федеральной службы государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1140096401359](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140096401359) (дата обращения: 15.07.2019)
2. Андерсон Р.К., Мукатанов А.Х., Бойко Т.Ф. Экологические последствия загрязнения почв нефтью // Экология. 1980. № 6. С. 21-25.
3. Саксонов М.Н., Абалаков А.Д., Данько Л.В. и др. Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли. Физико-Химические и биологические методы: учеб. пособие. Иркутск: Иркутский университет, 2005. 114 с.
4. Быковский В.А. Охрана природы при разработке нефтяных месторождений Крайнего Севера: дис. канд. техн. наук: 11.00.11. / Быковский Василий Алексеевич. Екатеринбург, 2000. 161 с.
5. Кустышева И.Н. Разработка методики охраны земель под объектами нефтегазового комплекса с учетом региональных особенностей Крайнего Севера: дис. канд. техн. наук: 25.00.26. / Кустышева Ирина Николаевна. Новосибирск, 2016. 131 с.
6. Волкодаева М.В., Володина Я.А. О методах определения концентрации формальдегида в атмосферном воздухе // Экологические системы и приборы. 2017. № 2. С. 3-9.

**References:**

1. Ekonomicheskie i sotsial'nye pokazateli rayonov Kraynego Severa i priravnennykh k nim mestnostey: sayt Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki [Economic and social indicators of the Far North and equivalent localities: website of the Federal State Statistics Service.]. Available at:[http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1140096401359](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140096401359) (accessed: 15.07.2019). (In Russian).
2. Anderson R.K., Mukatanov A.Kh., Boyko T.F. Ekologicheskie posledstviya zagryazneniya pochv neft'yu [Environmental effects of oil pollution of soils]. Ekologiya [Ecology], 1980, no. 6, pp. 21-25. (In Russian).
3. Saksonov M.N., Abalakov A.D., Dan'ko L.V. et al. Ekologicheskij monitoring neftegazovoy otrasli. Fiziko-Khimicheskie i biologicheskie metody: ucheb. Posobie [Environmental monitoring of the oil and gas industry. Physico-Chemical and biological methods: textbook. allowance.]. Irkutsk: Irkutsk University, 2005, 114 p. (In Russian).
4. Bykovskiy V.A. Okhrana prirody pri razrabotke neftyanykh mestorozhdeniy Kraynego Severa [Environmental protection in the development of oil fields in the Far North. Dis. cand. tech. of sciences]. Yekaterinburg, 2000, 161 p. (In Russian).
5. Kustysheva I.N. Razrabotka metodiki okhrany zemel' pod ob'ektami neftegazovogo kompleksa s uchetom regional'nykh osobennostey Kraynego Severa. Dis. kand. tekhn. nauk [Development of land conservation methods under oil and gas facilities taking into account regional features of the Far North. Dis. cand. tech. of sciences]. Novosibirsk, 2016, 131 p. (In Russian).
6. Volkodaeva M.V., Volodina Ya.A. O metodakh opredeleniya kontsentratsii formal'degida v atmosfernom vozdukh [On methods for determining the concentration of formaldehyde in atmospheric air]. Ekologicheskie sistemy i pribory [Ecological systems and devices]. 2017, no. 2. pp. 3-9. (In Russian).