

УДК 622

КРИТЕРИИ ФОРМИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ СЕТИ ЛОКАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ НЕДР НА УГЛЕДОБЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ

Голофаст Е. А., аспирант гр. ФПа-242, II курс
Научный руководитель: Шубина Е. А., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Введение

Локальный мониторинг состояния недр на угледобывающих предприятиях — обязательный элемент производственной и экологической безопасности. Горные работы изменяют состояние массива, нарушают режим подземных вод, воздействуют на почвы и снежный покров, воздух, провоцируя техногенные процессы. Согласно Правилам № 2029 [1], локальный мониторинг представляет собой систему регулярных наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния недр в зоне влияния недропользования.

Участок № 1 представляет собой территорию активного техногенного воздействия, в пределах которой ведение локального мониторинга состояния недр имеет принципиальное значение для оценки изменений геологической среды и сопредельных компонентов природной среды. В границах участка сочетаются зоны подземных и открытых горных работ, что обуславливает сложный характер техногенного влияния на гидрогеологические условия, состояние почвенного покрова и другие элементы природной среды. Пространственная неоднородность зоны воздействия, наличие нарушенных территорий и необходимость контроля нескольких компонентов среды предопределяют повышенные требования к составу и размещению наблюдательных пунктов.

Целью работы является определение критериев разработки и корректировки сети локального мониторинга состояния недр для участка № 1, оценка действующей конфигурации наблюдательных пунктов и обоснование направлений ее оптимизации.

На участке № 1 фактическая конфигурация наблюдательной сети не полностью соответствует проектной: часть скважин не действует, а одна из функционирующих не даёт данных. Отсутствие автоматизации и единой системы учёта снижает оперативность и достоверность мониторинга. Цель работы — на основе анализа сложившейся ситуации уточнить критерии разработки сети и предложить меры по её оптимизации в соответствии с Правилами № 2029 и проектной документацией.

Нормативные критерии разработки сети локального мониторинга

Проектирование и функционирование локальной наблюдательной сети на участке недр должно соответствовать требованиям Постановления Прави-

тельства РФ от 29.11.2023 № 2029, которым утверждены Правила осуществления государственного мониторинга состояния недр и локального мониторинга. Согласно данному нормативному акту, объектами локального мониторинга являются участки недр, предоставленные в пользование, а также подземные воды в зоне влияния горных работ. Основными задачами при разработке сети наблюдений являются создание и эксплуатация пунктов наблюдений (локальной наблюдательной сети), проведение регулярных наблюдений за состоянием недр, а также оценка эффективности мероприятий по охране окружающей среды и предотвращению негативного воздействия. Ключевым критерием является обеспечение репрезентативности наблюдений — сеть должна позволять выявлять и прогнозировать изменения состояния недр под воздействием природных и антропогенных факторов, а также своевременно обнаруживать развитие опасных техногенных процессов. Кроме того, Правилами устанавливается требование к информационному взаимодействию пользователя недр с органами государственного мониторинга и необходимость ежегодного предоставления данных о результатах локального мониторинга в фонды геологической информации.

Структура и оценка действующего мониторинга участка № 1

На участке № 1 функционирует сеть из четырёх наблюдательных скважин, пробуренных в 2020 и 2022 годах. Обследование подтвердило их удовлетворительное техническое состояние и пригодность для ведения мониторинга подземных вод. Скважины расположены с учётом зоны влияния горных работ: 5М и 6М — вблизи устья ручья, 7М и 8М — в районе открытых разработок. Такое размещение обеспечивает пространственный охват как фоновых, так и нарушенных территорий.

Режимные наблюдения за уровнем подземных вод проводятся с периодичностью, соответствующей II классу мониторинга: три раза в месяц в течение всего года, с учащением до пяти раз в месяц в период весеннего подъёма. За 2024 год выполнено 160 замеров, что говорит о соблюдении нормативной регулярности.

Помимо замеров уровня, в 2024 году дважды проводилось опробование химического состава вод в скважинах 5М, 6М, 7М и 8М. Результаты показали, что во всех точках вода слабощелочная и имеет различную интенсивность запаха.

Анализ гидрогеологического режима за 2024 год выявил чётко выраженные сезонные колебания: наиболее низкие уровни фиксировались в зимне-весенний период, подъём начинался в апреле и достигал пика в мае–июне. В летне-осенний период наблюдался спад уровней. По данным наблюдений, режим подземных вод на участке оценивается как нарушенный.

Сопоставление проектной документации и фактического состояния сети показывает, что рекомендованные проектом дополнительные скважины 7М и 8М введены в эксплуатацию и успешно функционируют. Наблюдательные пункты 5М и 6М, пробуренные в 2020 году, также входят в фактическую

сеть. Пункт 5М на протяжении всего 2024 года оставалась сухой и не давала информации об уровнях подземных вод.

В то же время наблюдательные пункты 1М и 2М, числящиеся в проекте, в материалах наблюдений не эксплуатируются. Наблюдательные пункты 3М и 4М остаются недействующими. Таким образом, фактическая конфигурация сети существенно расходится с проектной: часть проектных пунктов не работает, а один из действующих 5М не выполняет проектную функцию. Это требует актуализации проектной документации с целью приведения её в соответствие с реально функционирующей сетью и исключения неиспользуемых пунктов.

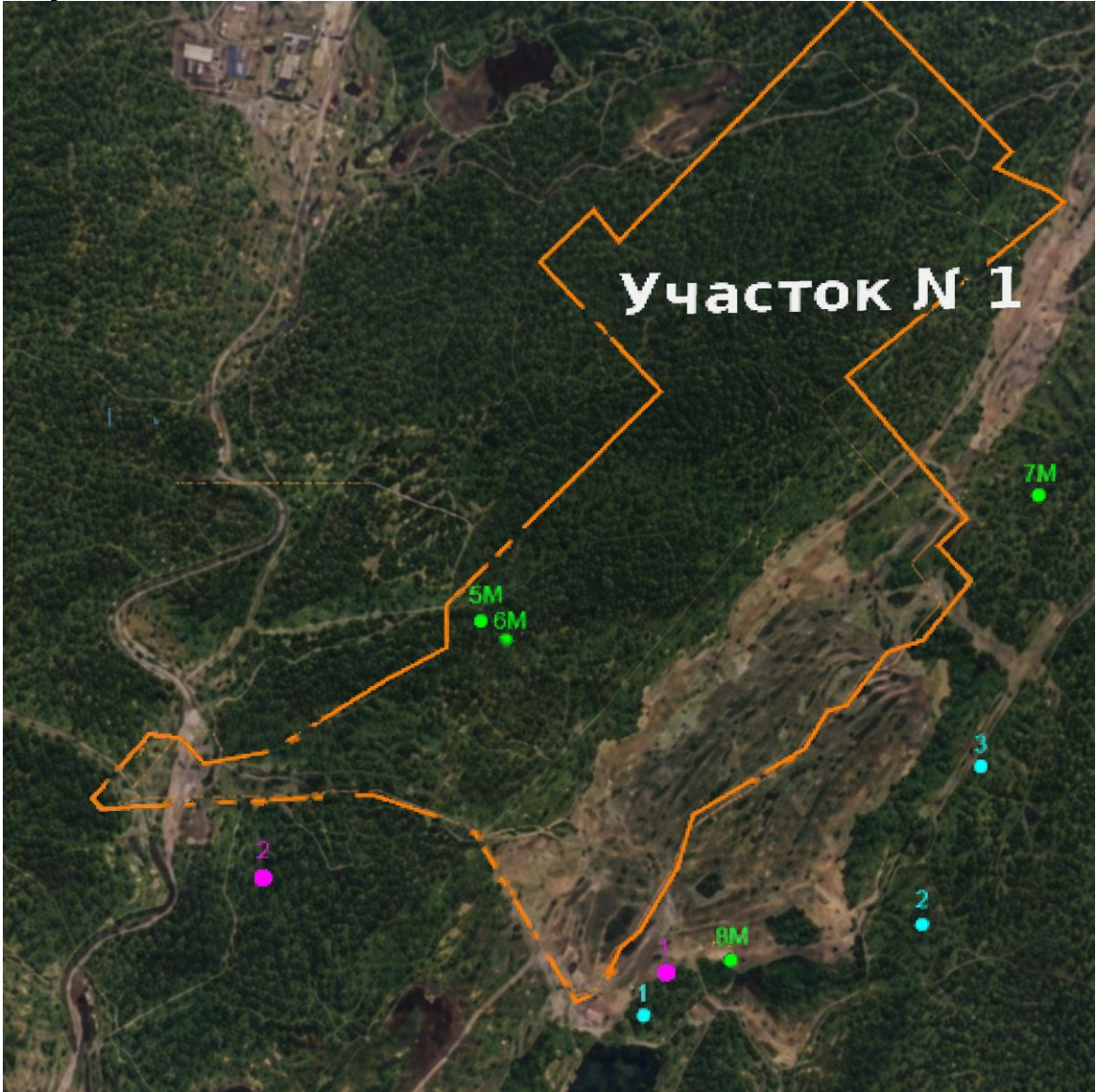


Рисунок №1 – Схема наблюдательных пунктов участка № 1
Таб. №1 Функции пунктов наблюдений

Тип пунктов	Назначение
Наблюдательные скважины (зеленые)	Контроль уровня и, при необходимости, химического состава подземных вод; фиксация изменений гидрогеологического режима.
Точки контроля состояния почв (голубые)	Оценка состояния почвенного покрова в зоне влияния горных работ и сопоставление результатов во времени.

Точки контроля снежного покрова (фиолетовые)	Фиксация сезонного переноса загрязняющих веществ и состояния снегового покрова в зимний период.
---	---

Направления оптимизации текущего мониторинга

Оптимизация сети не должна сводиться к механическому сокращению числа пунктов. Приоритетным является инструментальное совершенствование наблюдений при сохранении контролируемой территории. В гидрогеологическом блоке это предполагает оснащение ключевых скважин автоматическими регистраторами уровня воды, переход к электронным журналам и формирование цифрового архива данных. В экологическом блоке достаточно закрепить почвенные и снегомерные пункты на постоянных координатах с интеграцией в геоинформационную среду. Для снегомерных наблюдений, помимо традиционного опробования, перспективна установка датчиков высоты снежного покрова, позволяющих дистанционно отслеживать динамику снегонакопления. При этом гидрохимический контроль не поддаётся полной автоматизации: современные автоматические пробоотборники позволяют проводить отбор и первичную консервацию проб по заданной программе, однако финальный химический анализ выполняется в лаборатории в соответствии с ГОСТ 31861-2012 [2].

Отдельным направлением оптимизации выступает актуализация структуры отчётности. Для каждого пункта необходимо вести единый реестр с фиксацией координат, назначения, контролируемых параметров, периодичности, ответственного и статуса. Это повышает управляемость сети, исключает выпадение точек из программы и упрощает камеральную обработку.

Выбор конкретных технических решений для автоматизации должен определяться задачами мониторинга. Эффективность такого подхода подтверждается успешным опытом внедрения аналогичных систем на других объектах.

Так, для гидрогеологического блока примером комплексного решения служит разработка выпускников ФИТ НГУ — программно-аппаратный комплекс для мониторинга водозаборных скважин, внедрённый в ОАО «Сузунское ЖКХ» [3]. Система включает датчики уровня воды и электропотребления на скважине, серверную платформу для сбора и анализа данных. Этот пример подтверждает целесообразность перехода к трехуровневой архитектуре «полевые датчики — сервер с базой данных — пользовательские приложения» для задач локального мониторинга.

Для атмосферного воздуха в настоящее время на участке используется косвенный метод оценки загрязнения по данным снежного покрова. В случае расширения программы мониторинга и перехода к прямым измерениям показательным примером может служить автоматизированная система «АЛМАЗ» (ЗАО «Радиян»), сертифицированная и работающая на промышленных объектах с 2000 года [5]. Стационарные посты, оснащённые газоанализаторами, хроматографами и пылемерами, обеспечивают непрерывное измерение широкого спектра загрязнителей (SO_2 , NO_2 , CO , бензол, фенол, формальдегид, пыль, метеопараметры, гамма-фон). Данные в реальном времени передаются

на сервер, где программное обеспечение автоматически выявляет превышения ПДК и формирует отчётность.

Для снегомерных наблюдений в качестве оптимального решения выступает установка на реперах ультразвуковых датчиков высоты снежного покрова с возможностью спутниковой верификации границ залегания снега [6].

Заключение

Таким образом, разработка сети локального мониторинга состояния недр должна опираться на требования Правил № 2029 и конкретные задачи проекта, а не на формальные количественные показатели. На примере участка № 1 обоснована необходимость формирования комплексной системы, объединяющей наблюдения за подземными водами, почвами и снежным покровом. В этой связи, целесообразно предусматривать корректировку проектной документации с целью обеспечения пространственной полноты и временной регулярности изменений происходящих в геологической среде при отработке, и консервации участков.

Предложенная оптимизация позволяет перейти от пассивного сбора данных к более эффективному управлению качеством мониторинга. Внедрение автоматических средств измерений и геоинформационной интеграции создаёт предпосылки для использования математического моделирования при прогнозе изменений состояния недр, что соответствует современным тенденциям развития природоохранных технологий на горнодобывающих предприятиях.

Список литературы

1. Об утверждении Правил осуществления государственного мониторинга состояния недр и мониторинга состояния недр на участке недр, предоставленном в пользование : постановление Правительства Российской Федерации от 29.11.2023 № 2029.
2. ГОСТ 31861–2012. Вода. Общие требования к отбору проб. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 20 с.
3. Выпускники ФИТ НГУ разработали систему мониторинга состояния водозаборных скважин. // Новосибирский национальный исследовательский государственный университет : официальный сайт. – 2024. – URL: <http://www.nsu.ru/n/media/news/nauka/vypuskniki-fakulteta-informatsionnykh-tehnologiy-ngu-razrabotali-sistemu-monitoringa-sostoyaniya-vo>
4. Как выбрать скважинный уровнемер. // РусАвтоматизация – 2025. – URL: <https://rusautomation.ru/articles/kak-vybrat-skvazhinnyy-urovnemer/>
5. Автоматизация экологического мониторинга атмосферного воздуха с помощью решений ЗАО «Радиян» // Журнал «ИСУП». – 2021. – № 4 (94). – С. 38–41. – URL: https://isup.ru/upload/pdf-zhurnala/2021/4/038_041_Radian.pdf
6. Разработка автономной системы мониторинга снеговетровых процессов / В. А. Бочарова, А. И. Сидоренко, Р. В. Леоненков, М. С. Сергеев. // Инженерная физика. – 2024. – № 7. – С. 30–36.