

*И. А. ШВЕДЧИКОВА*, д-р. техн. наук, проф. ВНУ им. В. Даля, Северодонецк;

*И. В. НИКИТЧЕНКО*, асп. ВНУ им. В. Даля, Северодонецк

## **ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ШАХТНЫХ ВОД**

Определены основные загрязняющие составляющие шахтных вод. Разработана система экологического мониторинга параметров шахтных вод и предложена ее структура, основанная на модульном принципе построения, включающая в себя ряд взаимосвязанных модулей: модуль оценки параметров шахтных вод, модуль сбора, обработки и хранения данных, модуль «принятия решений». Показано, что предложенная система позволяет организовать контроль качества питьевой воды. Отмечено, что затопление шахт и химические процессы, происходящие в подземном выработанном пространстве, провоцируют выброс обедненного кислородом воздуха, представляющего опасность для живых организмов. Обоснована необходимость разработки новых приборов для контроля наиболее опасных параметров шахтных вод и рудничной атмосферы.

**Ключевые слова:** мониторинг состояния, обработка данных, анализ данных, база данных.

**Введение.** Одной из острейших глобальных проблем современности является проблема экологической безопасности. Ухудшение экологической обстановки, загрязнение окружающей среды (воды, почвы и т.д.) в немалой степени обусловлено негативным действием целого ряда техногенных факторов. Так, в Украине на протяжении последних десятилетий основным техногенным источником экологической опасности оставалась Чернобыльская атомная электростанция. Последствия аварии на этом объекте до сих пор полностью не устранены. Крайне неблагоприятная экологическая ситуация наблюдалась в последнее время и в угледобывающих районах востока Украины. К сожалению, военный конфликт, затронувший территории Донецкой и Луганской областей, только усугубил ее. Затопление шахт, обстрелы химических предприятий, влекущие выбросы химических веществ, и обострение санитарно-эпидемиологической ситуации создали реальную угрозу экологической катастрофы в этом регионе.

На сегодняшний день большинство угледобывающих предприятий находятся на неконтролируемых украинской властью территориях. Значительная часть расположенных здесь государственных шахт затоплены, многие уже не подлежат восстановлению. Особую опасность

© И. А. Шведчикова, И. В. Никитченко, 2015

представляют подземные шахтные воды, контроль уровня и параметров которых зачастую отсутствует. Под воздействием шахтных вод происходит загрязнение водоемов и рек, подтопление территорий, провалы земной поверхности [4].

**Анализ последних исследований и литературы.** В публикациях [2, 3] рассмотрены вопросы снижения загрязненности шахтных вод в подземных условиях и их использования в сельском хозяйстве. В работах [4-6] предложены принципы построения систем экологического мониторинга для горной и угледобывающей отраслей промышленности. Однако в указанных публикациях затрагиваются вопросы контроля параметров окружающей среды, а не шахтных вод.

В работе [7] отмечена важность проблемы контроля параметров шахтных вод, в частности, при закрытии угольных шахт, однако не предложены пути ее решения. В литературных источниках [8-11] затронуты вопросы автоматизации водоотлива в угольной промышленности, но конкретные схемы и пути комплексного решения проблемы шахтных вод не рассматриваются.

Таким образом, анализ информационных источников показал, что подавляющее большинство исследований посвящено решению вопросов очистки и использования шахтных вод. В то же время недостаточное внимание уделяется проблеме мониторинга экологических параметров шахтных вод.

**Цель статьи.** Настоящая статья посвящена разработке принципов построения системы экологического мониторинга для контроля параметров шахтных вод угледобывающих предприятий, пострадавших от военного конфликта.

**Постановка проблемы.** Шахтные воды относятся к сточным водам предприятий угольной промышленности. Они образуются в результате фильтрации подземных и поверхностных вод в подземные горные выработки. Шахты Донецкого бассейна являются наиболее обводненными в Украине. Водопроток большинства из них лежит в пределах от 100 до 1000 м<sup>3</sup>/ч. Для сравнения, водопроток шахт Львовско-Волынского угольного бассейна не превышает 100 м<sup>3</sup>/ч [12].

Шахтная вода подвергается различного рода загрязнениям и не может быть сброшена в водоемы без очистки и использована для технического водоснабжения без соответствующей обработки. Загрязнения шахтных вод делятся на органические, минеральные и бактериальные [12].

Органические загрязнения представлены частицами угля, продуктами жизнедеятельности живых организмов, разложением древесины и другими загрязнениями, основной составной частью которых является углерод. В условиях военного конфликта практически все шахтные воды загрязнены нефтепродуктами. Источником нефтепродуктов являются минеральные масла, применяемые для смазки машин и механизмов, автомобильный гражданский и военный транспорт. Степень органического загрязнения шахтных вод оценивается по показателям биохимической потребности в кислороде (БПК), химической потребности в кислороде (ХПК) и окисляемости.

Шахтные воды Донбасса имеют высокую минерализацию и большое количество окиси железа, что исключает их прямое использование в практической деятельности людей.

Минеральные загрязнения в шахтных водах находятся в растворенном и взвешенном состоянии. В Донбассе встречаются шахтные воды от слабосоленых (минерализация 1-3 г/л) до соленых (минерализация 10-25 г/л и выше). Наличие солей жесткости и большой минерализации шахтных вод способствует загрязнению водоёмов солями, ухудшает питьевые качества, а порой делает непригодными для использования. В шахтных водах присутствуют также загрязнения азотной группы [12].

Бактериальные загрязнения шахтных вод обусловлены наличием в них большого количества микроорганизмов, что является следствием попадания в воду продуктов гниения древесины и живых организмов. Это создаёт благоприятную среду для развития бактерий, среди которых могут быть патогенные, возбуждающие различные желудочно-кишечные заболевания.

В затопленных шахтах с течением времени может наблюдаться выделение «мертвого воздуха». Для нормальной жизнедеятельности организма в воздухе должно содержаться не менее 20,5% кислорода, а в «мертвом воздухе» доля кислорода не превышает 17%. Такой обедненный кислородом воздух может представлять опасность для всего живого и через многие годы после окончания военных действий. Следует также учитывать и тот факт, что на некоторых угольных шахтах Луганского региона скопилось более 100 тыс. м<sup>3</sup> отходов с техногенно усиленной естественной радиоактивностью, что может привести к активизации выделения радиоактивных газов (например, радона) [13].

Причиной появления «мертвого воздуха» являются химические процессы, происходящие в подземном выработанном пространстве, в результате чего выделяется и скапливается большое количество разных газов, что и приводит к уменьшению содержания кислорода. Теорети-

чески, на тех шахтах, где произошло затопление выработанного пространства полностью, «мертвый воздух» выходить не должен. Однако на практике в связи с колебаниями атмосферного давления и температуры наблюдается выделение «мертвого воздуха», которое усиливается в летнее время и замедляется – в зимнее.

С учетом вышеизложенного, актуальны исследования, направленные на решение эколого-технических задач угледобывающих предприятий, пострадавших от военного конфликта. Перспективным направлением таких исследований является разработка современных комплексных систем экологического мониторинга разнообразных параметров шахтных вод.

**Материалы исследования.** Системы экологического мониторинга разделяют на подсистемы. Системы экологического контроля бывают глобальные и региональные. Любая система экологического контроля является многоцелевой информационной системой. Ее основные задачи: наблюдение за состоянием контролируемых параметров, выявление факторов и источников воздействия, а также степени воздействия негативных факторов.

Рассмотрим схему системы экологического мониторинга, пригодную для контроля параметров шахтных вод (рис. 1). Наиболее универсальным подходом к определению структуры системы экологического контроля параметров шахтных вод является модульный принцип построения. Система состоит из ряда взаимосвязанных модулей: модулей оценки параметров шахтных вод, модуля сбора, обработки и хранения данных и модуля «принятия решений».

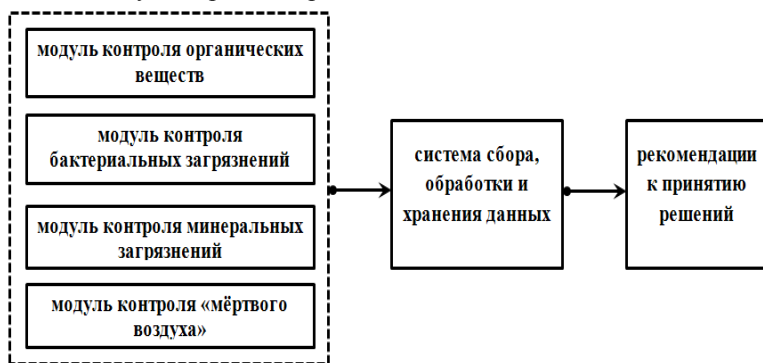


Рис. 1 – Система экологического мониторинга параметров шахтных вод

Центральным модулем является система сбора и обработки данных, в которую поступает информация от других блоков. В качестве центрального блока может выступать сервер базы данных, который с помощью специализированного программного обеспечения, например, системы управления базами данных, осуществляет сбор, накопление, первичную обработку и хранение данных. В систему сбора и обработки данных поступают данные от четырёх модулей: контроля органических веществ, контроля бактериальных загрязнений, контроля минеральных загрязнений, контроля «мертвого воздуха». Эти блоки являются основными в системе, но так как система имеет модульный тип построения, то при необходимости можно блоки контроля как добавлять, так и убирать в зависимости от поставленных задач и целей.

Модуль контроля органических веществ осуществляет контроль над частицами чистого угля, минеральным маслами, применяемыми для смазки машин и механизмов, продуктами жизнедеятельности живых организмов, разложения древесины и другими, основной составной частью которых является углерод (органический). Степень загрязнения шахтных вод органическими веществами оценивается по показателям БПК и ХПК.

БПК – биохимическая потребность в кислороде, которая определяется количеством кислорода необходимого для окисления органических веществ биологическим путем за определенный промежуток времени. Как правило, БПК находится в пределах 0,36-85,9 мгО<sub>2</sub>/л, по другим данным от 0,2 до 110 мгО<sub>2</sub>/л. Следующим показателем является ХПК – химическая потребность в кислороде, которая определяется количеством кислорода, необходимого для окисления всех загрязняющих веществ в воде с помощью различных химических веществ - окислителей. Показатели ХПК разнообразны для вод даже в пределах одного бассейна от 5 до 250 мгО<sub>2</sub>/л.

Модуль контроля бактериальных загрязнений оценивает степень бактериального загрязнения шахтных вод. Оценка производится в основном двумя микробиологическими показателями: колититром и колииндексом. Колититр – это количество воды (мл/л или см<sup>3</sup>), в котором обнаруживается одна кишечная палочка. Колииндекс – количество кишечных палочек на 1 л исследуемой воды.

Модуль контроля минеральных загрязнений осуществляет контроль за песчанистыми и глинистыми частицами, минеральными включениями углей, инертной пылью, а также содержанием в шахтных водах растворенных солей, щелочей и кислот.

Модуль контроля «мертвого воздуха», осуществляет контроль за двумя газами: N<sub>2</sub> и СО<sub>2</sub>. Контроль этих параметров необходимо произ-

водить с помощью газоанализаторов. Этот модуль является очень важным для сохранения безопасности и здоровья людей, так как мёртвый воздух может оказаться и на поверхности. Поднимаясь через многочисленные геологические трещины, пустоты над подработанной горными работами территорией земной поверхности, он попадает в подвалы жилых зданий, колодцы, погреба, откуда не может «вытечь» [14].

Накопленная информация в системе сбора и обработки данных оформляется в базу данных, которая хранится на файл-сервере базы данных. Из этой структуры можно осуществлять выборки необходимых данных по запросу, которые отвечают тем или иным критериям. Форма выдачи результата может быть любой, в зависимости от конкретного вида программного обеспечения. Например, таблица, график, диаграмма и др.

Полученные данные можно экспортировать в различные форматы в зависимости от того, где необходимо применение полученных данных и результатов (MS Word, MS Excel, MS Access и т.д.). Импорт данных даёт возможность пользователям настроить потоковый ввод данных в программу из текстовых файлов и файлов локальных баз данных.

Пользователю предоставляются развитые средства ведения баз данных, корректировки, добавления и удаления данных на различных уровнях (поле данных, запись, база данных). Программы обработки данных наблюдений позволяют получать различного рода расчетные данные, характеризующие состояние шахтных вод, выявлять динамику изменения качества вод во времени и пространстве.

Последний модуль «рекомендации к применению решений» представляет собой комплекс мер по предотвращению и устранению неблагоприятного экологического состояния в шахтных водах.

Все данные, характеризующие состояние шахтных вод, полученные в результате наблюдений или прогноза, должны оцениваться в зависимости от того, в какой области они используются. Оценка, подразумевает определение ущерба от воздействия и выбор оптимальных условий, определение существующих экологических резервов. При такого рода оценках подразумевается знание допустимых нагрузок на природную среду.

Представленная система является необходимой для правильной организации контроля качества питьевой воды. Наблюдение за изменениями параметров вод, источниками и факторами воздействия должны включать в себя: наблюдение за локальными источниками воздействия и за состоянием среды, характеризующих геофизическими и геохимическими данными.

При осуществлении контроля параметров шахтных вод необходима организация достаточно представительной сети наблюдений и измерений наиболее важных факторов воздействия.

Для слежения за состоянием и динамикой изменения параметров шахтных вод в первую очередь важно знать критерии изменения общей структурно-функциональной организации экосистем.

В связи с ограниченными на сегодняшний день возможностями оценки состояния экологических систем по количественным показателям на современном этапе развития биомониторинга перспективными являются сравнительные системы оценок.

В сложившейся на сегодняшний день обстановке, когда территорию Донбасса можно считать, как минимум, зоной напряженной экологической ситуации, для обеспечения действительного устойчивого развития и своевременного принятия решений, необходимо разрабатывать системы контроля в реальном времени.

**Выводы.** Предложена обобщенная структура комплексной системы контроля параметров шахтных вод. Установлено, что основными контролируемыми параметрами шахтных вод являются параметры, характеризующие органические, бактериальные, минеральные загрязнения, а также состав «мертвого воздуха». Модульный принцип построения системы позволяет обеспечить универсальность и легкоизменяемость системы для различных условий использования. В дальнейших исследованиях планируется разработка экологического прибора контроля «мертвого воздуха» как одного из наиболее опасных параметров шахтных вод и параметров рудничной атмосферы в целом.

**Список литературы:** 1. *Красник В. Г.* Технологические возможности и перспективы использования водного и теплового потенциалов шахтных вод Украины / В. Г. Красник, В. М. Остапенко, Н. М. Уланов. // Уголь Украины. – 2005. – №12 – С. 76. 2. *Матлак Е. С.* Снижение загрязненности шахтных вод в подземных условиях / Е. С. Матлак, В. В. Малеев. – К: Техника, 1991. – 136 с. 3. *Запольський А. К.* Водопостачання, водовідведення та якість води / А. К. Запольський. – К: Вища шк, 2005. – 671 с. 4. *Певзнер М. Е.* Горное дело и охрана окружающей среды / М. Е. Певзнер. – М: МГТУ, 2000. – 300 с. 5. *Бельдеева Л. Н.* Экологический мониторинг / Л. Н. Бельдеева. – Барнаул: АлтГТУ, 1999. – 122 с. 6. *Панарин В. М.* Современные системы контроля загрязнения атмосферного воздуха промышленными предприятиями / В. М. Панарин, Г. В. Павпертов, А. А. Зуйкова. – Москва Тула, 2004. 7. *Ярембаша И. Ф.* Технология закрытия (ликвидации) угольных шахт / И. Ф. Ярембаша. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – 238 с. 8. *Губка Ю.О., Оголобченко А.С.* Исследование способа управления автоматизированным ступенчатым водоотливом с учетом периодов максимальных нагрузок в системе электроснабжения шахты / Ю. О. Губка, А. С. Оголобченко – X Международная научно-техническая конференция аспирантов и студентов «Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых» – Донецк, 2010 г. 9. *Бессараб В. И.* Управление шахтной водоотливной установкой в аварийных и аномальных режимах работы

[Электронный ресурс] / В. И. Бессараб, Р. В. Федюн, В. А. Попов // ДонНТУ – Режим доступу до ресурсу: <http://ea.donntu.org:8080/jspui/bitstream/123456789/6262/1/bessarab.pdf>. **10.** Курносое В. Г. Научные основы автоматизации в угольной промышленности: опыт и перспективы развития / В. Г. Курносое, В. И. Силаев. – Донецк: Вебер (Донецкое отделение), 2009. – 422 с. **11.** Федюн Р. В. Принципы построения цифровых систем управления многоступенчатыми водоотливными установками угольных шахт / Р. В. Федюн. – Днепропетровск: РИК НГА Украины, 2001. – 254 с. **12.** В.М. Панарин, В.Г. Павпертов. Ранжирование промышленных объектов по степени опасности. Современные проблемы экологии и рационального природопользования. Материалы 3-ей Научно-практической конференции. - Тула. – 2010. **13.** Долина Л.Ф. Сточные воды предприятий горной промышленности и методы их очистки. Справочное пособие. / Л.Ф. Долина. – Днепропетровск, 2000. – 61 с. – Режим доступу до ресурсу: [Eadnurt.diiit.edu/ua/bitstream/123456789/788/1/mining.pdf](http://Eadnurt.diiit.edu/ua/bitstream/123456789/788/1/mining.pdf). **14.** Удалов И.В. Активизация выделения радона при «мокрой» консервации угольных шахт / И.В. Удалов // Вопросы атомной науки и техники: Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение, 1996. – С. 126-129.

**Bibliography (transliterated):** **1.** Krasnik V. G. Tehnologicheskie vozmozhnosti i perspektivy ispol'zovaniya vodnogo i teplovogo potencialov shahitnyh vod Ukrainy / V. G. Krasnik, V. M. Ostapenko, N. M. Ulanov. // Ugol' Ukrainy. – 2005. – No12 – 76. **2.** Matlak E. S. Snizhenie zagryaznennosti shahitnyh vod v podzemnyh uslovijah / E. S. Matlak, V. V. Maleev. – Kiev Tehnika, 1991. – 136. **3.** Zapol's'kij A. K. Vodopostachannja, vodovidvedennja ta jakist' vodi / A. K. Zapol's'kij. – Kiev Vishha shk, 2005. – 671. **4.** Pevzner M. E. Gornoe delo i ohrana okruzhajushhej sredy / M. E. Pevzner. – Moscow MGTU, 2000. – 300. **5.** Bel'deeva L. N. Jekologicheskij monitoring / L. N. Bel'deeva. – Barnaul: AltGTU, 1999. – 122. **6.** Panarin V. M. Sovremennye sistemy kontrolja zagryaznenija atmosfernogo vozduha promyshlennymi predpriyatijami / V. M. Panarin, G. V. Pavpertov, A. A. Zujkova. – Moskva Tula, 2004. **7.** Jarembasha I. F. Tehnologija zakrytija (likvidacii) ugot'nyh shahit / I. F. Jarembasha. – Doneck: Nord-Press, 2004. – 238. **8.** Gubka Ju.O., Ogolobchenko A.S. Issledovanie sposoba upravlenija avto-matizirovannym stupenchatym vodootlivom s uchetom periodov maksimal'nyh nagruzok v sisteme jelektrosnabzhenija shahity / Ju. O. Gubka, A. S. Ogolobchenko – H Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija aspirantov i studentov «Avtomatizacija tehnologicheskikh ob#ektov i processov. Poisk molodyh» – Doneck, 2010. **9.** Bessarab V. I. Upravlenie shahitnoj vodootlivnoj ustanovkoj v avarijnyh i anomal'nyh rezhimah raboty [Elektronnij resurs] / V. I. Bessarab, R. V. Fedjun, V. A. Popov // DonNTU – Rezhim dostupu do resursu: <http://ea.donntu.org:8080/jspui/bitstream/123456789/6262/1/bessarab.pdf>. **10.** Kurnosov V. G. Nauchnye osnovy avtomatizacii v ugot'noj promyshlennosti: opyt i perspektivy razvitija / V. G. Kurnosov, V. I. Silaev. – Doneck: Veber (Doneckoe otdelenie), 2009. – 422. **11.** Fedjun R. V. Principy postroenija cifrovych sistem upravlenija mnogostupenchatymi vodootlivnymi ustanovkami ugot'nyh shahit / R. V. Fedjun. – Dnepropetrovsk: RIK NGA Ukrainy, 2001. – 254. **12.** V.M. Panarin, V.G. Pavpertov. Ranzhирование промышленных объектов по степени опасности. Современные проблемы jekologii i racional'nogo prirodopol'zovaniya. Materialy 3-ej Nauchno-prakticheskoi konferencii. - Tula. – 2010. **13.** Dolina L.F. Stochnye vody predpriyatij gornoj promyshlennosti i metody ih ochistki. Spravochnoe posobie. / L.F. Dolina. – Dnepropetrovsk, 2000. – 61. – Rezhim dostupu do resursu: [Eadnurt.diiit.edu/ua/bitstream/123456789/788/1/mining.pdf](http://Eadnurt.diiit.edu/ua/bitstream/123456789/788/1/mining.pdf). **14.** Udalov I.V. Aktivizacija vydelenija radona pri «mokraj» konservacii ugot'nyh shah / I.V. Udalov // Voprosy atomnoj nauki i tehniki: Fizika radiacionnyh povrezhdenij i radiacionnoe materialovedenie, 1996. – 126-129.