

Методология проактивного мониторинга безопасности при ликвидации угольных шахт в Ростовской области

М.Д. Молев, С.Г. Страданченко

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного университета, Шахты

Аннотация: В статье изложены результаты теоретических и экспериментальных научных исследований по проблеме контроля состояния безопасности угледобывающего региона на этапе закрытия неперспективных шахт. Для достижения цели НИР – формирования эффективной методологии указанной проблемы, решены следующие основные задачи:

- оценка негативных воздействий горных работ на техносферу региона;
- выбор базовых характеристик природно-техногенной системы;
- сопоставительный анализ методов и технико-технологических систем контроля среды.

Авторами статьи сформулирована концепция безопасности региона и гипотеза ее реализации. В частности, разработаны научно-методические подходы, обеспечивающие объективную оценку результатов исследований и принятие управленческих решений по формированию безопасной среды жизнедеятельности населения. В статье показано, что эффективность разработанной методологии в конкретных условиях составляет 87-90%.

Ключевые слова: угледобывающий регион, ликвидация шахт, углепородный массив, методология, природно-техногенная система, концепция безопасности, проактивный мониторинг.

В рамках реструктуризации угольной промышленности России закрыто свыше 200 предприятий, в том числе, на территории Ростовской области – 73 шахты [1, 2]. При этом, сопровождающие ликвидацию угледобывающих производств негативные процессы, затронули не только шахты, но и другие промышленные и социальные объекты, расположенные в зоне техногенного влияния закрываемых предприятий [3]. Комплексное и разноплановое воздействие производственных факторов формирует в шахтерских районах среду обитания, характеризующуюся высокой вероятностью реализации техногенных аварий и превышением предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосфере и сточных водах [4].

В настоящее время ликвидация шахт, в том числе на территории Российского Донбасса, продолжается, поэтому разработка научно-технического сопровождения реструктуризации остается актуальной

проблемой. За несколько десятилетий структурных преобразований в угольной отрасли проведены многочисленные научные исследования формирующейся техногенной ситуации на территории угледобывающих регионов, включая горно-геологические характеристики углепородного массива. Большое количество публикаций посвящено разработке методов выявления, идентификации и прогнозирования негативных факторов, воздействующих на региональную среду обитания. К ним правомерно отнести научные работы Голика В.И. [5], Рубана А.Д. [6], Владова М.Л. [7] Еремеева В.М., Мохова А.В. [1], Норватова Ю.А. [2], Sornette D. [8] и ряда других ученых в области горного дела и геологии [9, 10]. Отмечая значимость исследований указанных специалистов для решения проблемы обеспечения безопасности жизнедеятельности населения, в то же время можно констатировать недостаточную эффективность методик, сформированных на основе разработанных теоретических положений. Резюмируя результаты анализа рассмотренных публикаций, авторы статьи считают, что недостаточное для практического использования качество информации обусловлено такими факторами, как

- большое количество разнообразных источников негативного техногенного воздействия;
- сложное строение углепородного массива;
- многообразие геомеханических и гидравлических связей между объектами геологической среды;
- отсутствие комплексного подхода к решению проблемы.

Таким образом, цель настоящих исследований состоит в разработке инновационной методологии, которая на практике позволит сформировать безопасную среду для населения шахтерских регионов.

Изложим основные результаты НИР по разработке компонентов методологии для типичных условий, сложившихся в процессе ликвидации

неперспективны угольных шахт. На основании изучения организационно-технических процессов закрытия шахт в Ростовской области, техногенных факторов воздействия на среду, а также методик контроля выдвигается следующая концепция обеспечения безопасности региона: заблаговременное исключение (снижение) вероятности реализации потенциальных производственных рисков. Реализация концепции основана на комплексе принципов научно-технического и правового характера таких, как:

- соответствие принимаемых решений требованиям законодательной базы России;
- системный полномасштабный анализ функционирования предприятий, связанных с добычей и переработкой угля;
- планирование мероприятий;
- технически и ресурсообеспеченная организация выполнения намеченной программы;
- непрерывный контроль реализации управленческих решений;
- перспективное прогнозирование динамики состояния безопасности, совмещенной с верификацией прогноза.

В контексте решения поставленных задач НИР анализ обеспечения безопасности корректно изобразить в виде блок-схемы рис.1.

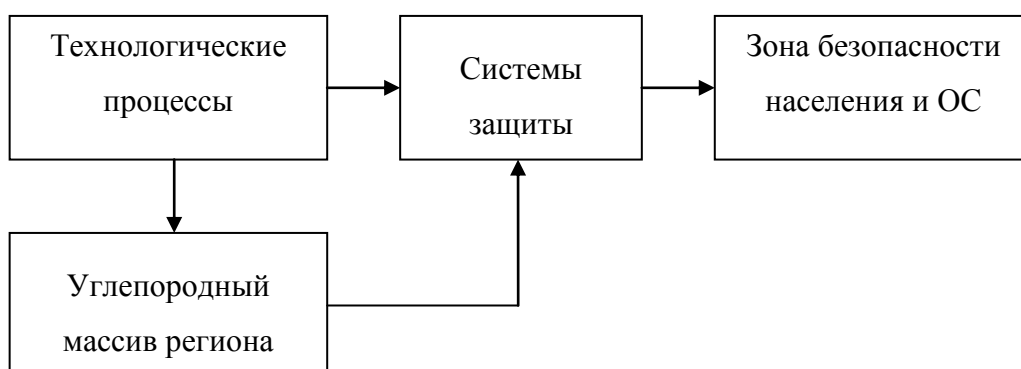


Рис. 1. – Система обеспечения безопасности населения и окружающей среды (ОС) региона

Как следует из рассмотрения изображенной блок-схемы, безопасность жизнедеятельности шахтерского населения в значительной степени зависит от характеристик применяемых систем и технологий защиты. В свою очередь, корректность решения по выбору параметров защитных устройств и технологических процессов ликвидации шахт определяется фактической ситуацией, которая формируется под воздействием множества технических и природно-техногенных факторов.

На основании детального системного анализа типовых мероприятий по ликвидации и массива инженерно-геологических данных о поведении объектов углепородного массива авторами сконструирован специализированный алгоритм. Блок-схема алгоритма разработки указанного решения изображена на рис. 2.

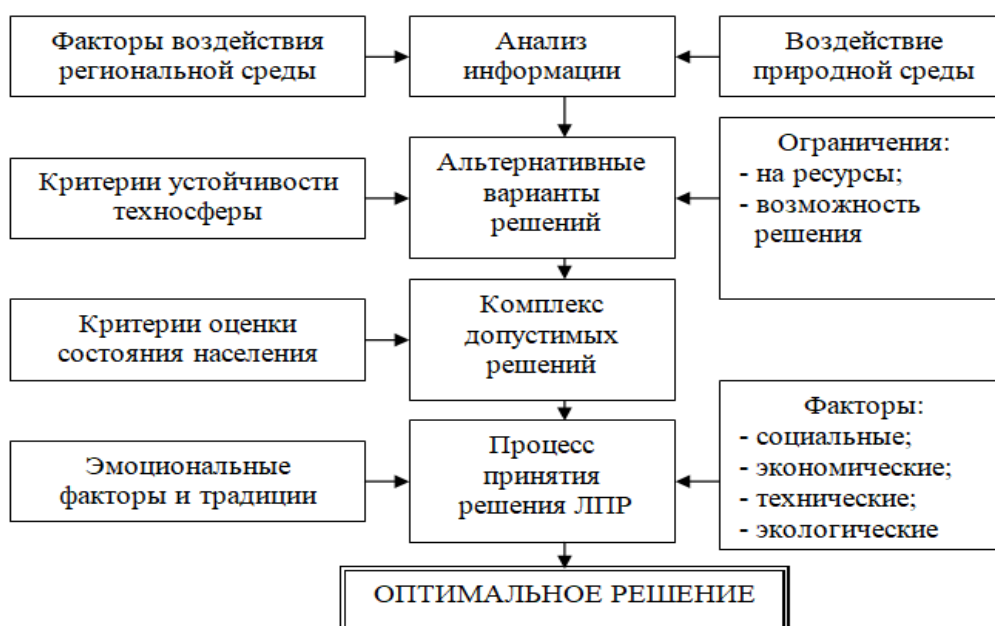


Рис. 2. – Алгоритм разработки решения по выбору региональной системы защиты от техногенных воздействий

Приведенный алгоритм содержит совокупность выстроенных в логической последовательности аналитических операций, завершающихся

формированием оптимального управленческого решения (ОУР). Исходной основой для разработки и принятия ОУР является полномасштабная и достоверная информация о текущем состоянии всех природных и технических объектов, расположенных на рассматриваемой территории. Констатация указанного факта позволяет сформировать рабочую гипотезу НИР, верификация которой в практике реструктуризации шахт обеспечит формирование безопасной среды жизнедеятельности населения: «Безопасность среды обитания на стадии ликвидации угольных шахт обеспечивается региональной системы защиты, сформированной в результате реализации оптимального управленческого решения, которое разработано с применением инновационной методологии режимного инструментально-аналитического контроля параметров среды».

В рамках разработки эффективной методологии, применимой для оценки состояния среды обитания, авторами был выполнен анализ существующих методов, методик и технических средств по их основным технико-экологическим и экономическим параметрам. Не останавливаясь подробно на изложении результатов анализа, которые опубликованы в статьях авторов, укажем, что был выбран системный региональный мониторинг [11-13]. В подтверждение выбора приведем таблицу, в которой представлены основные характеристики различных методов (систем) оценки и прогнозирования состояния среды обитания (таблица 1).

Конкретизируя выбор, сформулируем точное название предлагаемой контрольной системы: «проактивный» мониторинг безопасности региона при ликвидации угольных шахт. Основные структурные элементы инновационной методологии изображены на блок-схеме (рис. 3).

Теоретическую основу предложенной методологии составляют, как видно из блок-схемы, фундаментальные общенаучные положения и базовые законы физико-математических и естественных наук. Данный научно-

методический подход к обоснованию методологии гарантирует, по мнению авторов, качество контроля и прогнозирования безопасности шахтерского региона в соответствии с требованиями законодательной базы России.

Таблица № 1

Основные характеристики методов (систем) оценки и прогнозирования состояния среды обитания

| Виды методов (систем) оценки | Форма представления результатов | Основные характеристики |
|---|--|--|
| Экспертные системы | Суждение | Параметры среды определяются опытом специалистов, достоверность не более 60% |
| Логико-математические методы | Модель, формула, таблица | Качество оценки зависит от адекватности моделей реальным объектам, достоверность 65-70%. |
| Инструментальный контроль мобильными группами | Отчет с изложением параметров оценки | Достоверность 75-80%, высокие затраты времени |
| Автоматизированный контроль (датчики) | Телеметрическая информация | Узкая специализация приборов, достоверность до 85% |
| Системы мониторинга | Отчет с изложением количественных оценок | Достоверность результатов 87-90%, оперативность получения информации по всем объектам |

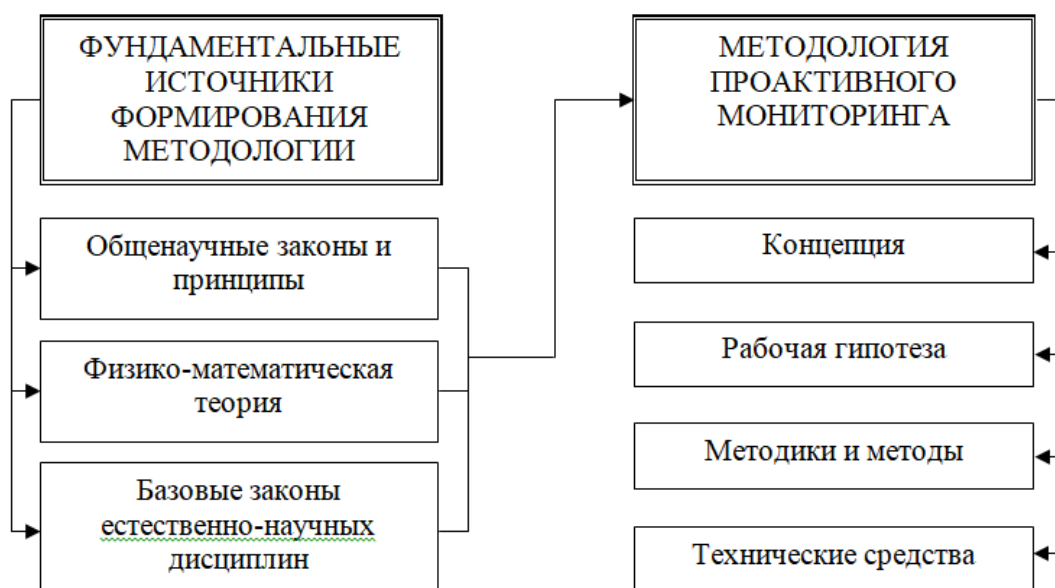


Рис. 3. – Блок-схема разработки методологии мониторинга

Термин «проактивный мониторинг» означает, что с его привлечением обеспечивается фиксация ключевых параметров среды и прогнозирование тенденций нежелательных изменений.

Блок «Методики и методы» составляет контрольно-аналитические инструменты:

- методические рекомендации по осуществлению первичных наблюдений, обработки и интерпретации результатов;
- инструментальные дистанционные и контактные методы измерения параметров среды обитания;
- математические методы, включая системный анализ, синтез, методы теории вероятности, математической статистики и оценки риска.

Совокупность методических инструментов сформирована с учетом принципов комплексирования, системности и дополнительности, что обеспечивает оперативность и достоверность оценки и прогнозирования техносферной безопасности. Аналитические расчёты должны осуществляться с использованием методики оценки риска, поскольку только риск является количественной мерой опасности для населения и объектов природно-техногенной среды. Так, негативное воздействие на людей оценивается как социальный риск по формуле:

$$R_c(N) = \sum_{m \in M} \sum_{i \in L} P\left(\frac{N}{Q_m}\right) \cdot P\left(\frac{Q_m}{A_i}\right) \cdot F(A_i)$$

где $P(N/Q_m)$ – вероятность гибели N людей от Q_m поражающего фактора; $P(Q_m/A_i)$ – вероятность возникновения Q_m поражающего фактора при реализации события A_i [14].

Блок «Технические средства» должен включать комплекс контрольно-измерительных приборов и контрольно-измерительных систем.

В контексте изложения результатов исследований считаем целесообразным представить разработанную на основе анализа технических

публикаций и материалов экспериментальных наблюдений концептуальную схему мониторинга безопасности, совмещенной с распределением информационных потоков (рис. 4).

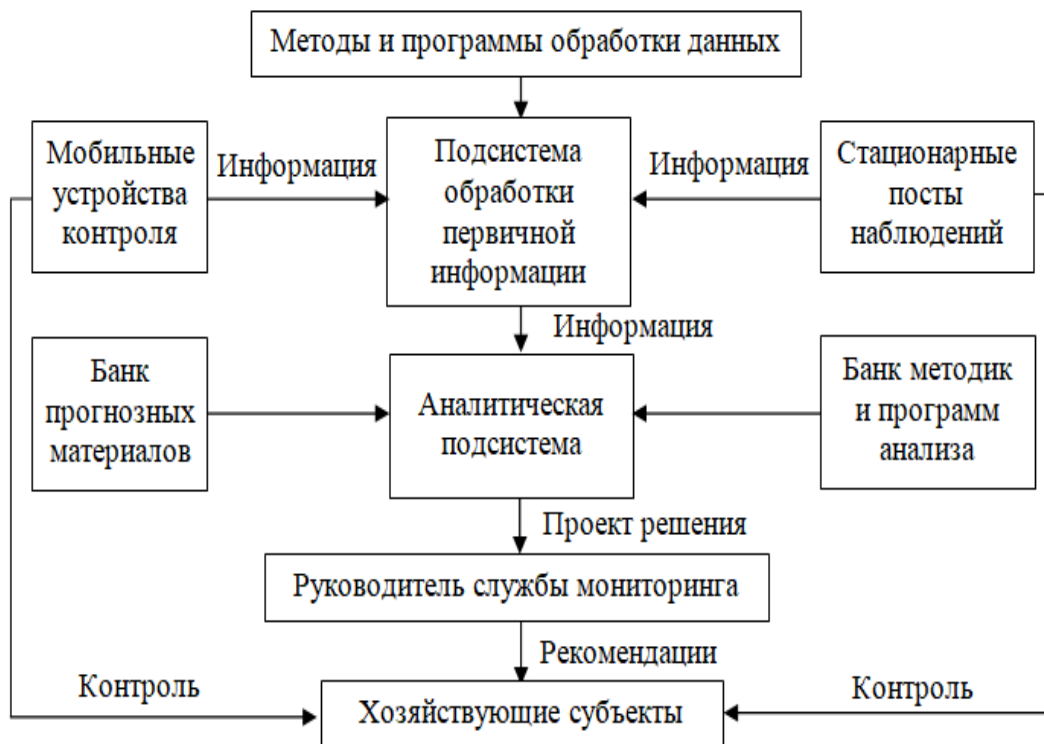


Рис. 4. – Концептуальная схема регионального мониторинга безопасности

Аналитические расчеты в целях повышения достоверности результатов осуществляется с использованием методики решения многокритериальных задач. Для повышения оперативности расчетной процедуры применяется такой аналитический инструмент, как моделирование, результатом которого является нахождение решения в форме интегрального показателя.

Обязательным условием является выбор универсальных критериев и моделей решения, что обеспечивает возможность их использования и пригодность для всего интервала реальных значений рассчитываемых

характеристик. Разработанный алгоритм формирования модели решения многокритериальной задачи представлен в таблице 2.

Итогом реализации алгоритма является многокритериальная оптимизация задачи принятия решений, что обеспечивает ее высокую достоверность.

Таблица № 2

Алгоритм формирования модели решения многокритериальной задачи

| № п/п | Наименование процедуры |
|-------|--|
| 1 | Постановка задачи |
| 2 | Формирование массива допустимых вариантов решения |
| 3 | Комплексирование выбранных оценочных критериев |
| 4 | Разработка шкал оценки критериальности |
| 5 | Анализ информации о предпочтениях ЛПР |
| 6 | Оценка допустимых вариантов решения |
| 7 | Формулирование решающих правил |
| 8 | Упорядочение допустимых вариантов решения |
| 9 | Анализ качества упорядочения вариантов |
| 10 | Корректировка упорядочения |
| 11 | Оценка результатов решения на соответствие поставленной задаче |
| 12 | Возможная итерация модели |

Таковы основные результаты НИР по разработке методологии проактивного мониторинга безопасности на территории угледобывающих регионов. Методологические подходы верифицированы в практике контроля безопасности среды обитания при ликвидации угольных шахт на территории Ростовской области. Результаты опытной проверки характеризуются достоверностью прогнозных оценок в диапазоне 87-90%, что указывает на практическую ценность предложенной методологии [15].

Литература

1. Мохов А. В. Оценка прорывоопасности очистной выемки каменноугольных пластов с обрушением кровли под водными объектами (по материалам подработки затопленных выработок) // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 2. С. 47-54.

2. Норватов Ю. А., Савельев Д. И., Яшина А. В. Гидрогеологическое обеспечение горных работ при разработке угольных месторождений подземным способом // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 8. С. 23-28.

3. Belodedov A.A., Golik V.I., Zaalishvili V.B., Khasheva Z.M., Shulgaty L.P. Restructuring results of Donbass coal mining enterprises //The Social Sciences. 2016. Vol. 11. No.16. Pp. 4035–4039.

4. Малышев Ю.Н., Зайденварг В.Е., Зыков В.М. Реструктуризация угольной промышленности (Теория. Опыт. Программы. Прогноз). М.: Компания «Росуголь», 1996. 531 с.

5. Голик В.И., Разоренов Ю.И., Белодедов А.А., Логачев А.В. Экономический ущерб от реструктуризации горных предприятий Донбасса //Социально-экономические проблемы развития южного макрорегиона. Сборник научных трудов. Краснодар, 2017. С. 37–45.

6. Вартанов, А.З. Рубан, А.Д. Шкуратник, В.Л. Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг. М.: Горная книга, 2009. 647 с.

7. Владов, М.Л., Старовойтов, А.В. Обзор геофизических методов при решении инженерно-геологических и инженерных задач. М.: Изд-во МГУ, 1998. 96 с.

8. Sornette D., Maillart T., Kroger W. Exploring the limits of safety analysis in complex technological systems /Risk Center, Zurich, 2013. URL: arxiv.org/pdf/1207.5674.pdf

9. Лисутина Л.А., Ганичева Л.З. Оценка состояния природных ресурсов Восточного Донбасса // «Инженерный вестник Дона», 2012, №3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/997.

10. Страданченко С.Г., Плешко М. С., Армейсков В.Н. О необходимости проведения комплексного мониторинга подземных объектов на различных стадиях жизненного цикла // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1994.

11. Молев М.Д., Масленников С.А., Занина И.А. Экологическая безопасность угледобывающих регионов: монография. Шахты: ИСОиП (филиал) ДГТУ, 2018. 113 с.

12. Molev M. D., Stradanchenko S. G., Maslennikov S. A. Theoretical and experimental substantiation of construction regional security monitoring systems technospheric // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2015. No. 16, September. Pp. 6787-6792.

13. Молев М.Д. Формирование безопасной среды жизнедеятельности населения в индустриальных регионах: монография. Шахты: ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты, 2020. 96 с.

14. Молев М.Д., Костромина Е.И. Теория и практика исследований профессионального риска на предприятиях России: монография Шахты: ИСОиП (филиал) ДГТУ, 2019. 125 с.

15. Молев М.Д., Армейсков В.Н., Голодов М.А. Геофизическое прогнозирование экологической безопасности угледобывающих регионов на основе решения многокритериальных задач // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. № 3. С. 63-73.

References

1. Mokhov A. V. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2011, no 2, pp. 47-54.

2. Norvatov Yu. A., Savel'ev D. I., Yashina A. V. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2014, no 8, pp. 23-28.
 3. Belodedov A.A., Golik V.I., Zaalishvili V.B., Khasheva Z.M., Shulgaty L.P. The Social Sciences. 2016. Vol. 11, no.16. Pp. 4035–4039.
 4. Maly`shev Yu.N., Zajdenvarg V.E., Zy`kov V.M. Restrukturizatsiya ugol`noj promy`shlennosti (Teoriya. Opy`t. Programmy`. Prognoz) [Restructuring of the coal industry (Theory. Experience. Programs. Forecast)]. M.: Kompaniya «Rosugol'», 1996. 531 p.
 5. Golik V.I., Razorenov Yu.I., Belodedov A.A., Logachev A.V. Social`no-ekonomicheskie problemy` razvitiya yuzhnogo makroregiona. Sbornik nauchny`x trudov. Krasnodar, 2017. pp. 37–45.
 6. Vartanov, A.Z. Ruban, A.D. Shkuratnik, V.L. Metody` i pribory` kontrolya okruzhayushhej sredy` i e`kologicheskij monitoring [Methods and instruments for environmental control and environmental monitoring]. M.: Gornaya kniga, 2009. 647 p.
 7. Vladov, M.L., Starovojtov, A.V. Obzor geofizicheskix metodov pri reshenii inzhenerno-geologicheskix i inzhenerny`x zadach [Overview of geophysical methods in solving engineering-geological and engineering problems]. M.: Izd-vo MGU, 1998. 96 p.
 8. Sornette D., Maillart T., Kroger W. Exploring the limits of safety analysis in complex technological systems /Risk Center, Zurich, 2013. URL: arxiv.org/pdf/1207.5674.pdf.
 9. Lisutina L.A., Ganicheva L.Z. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/997.
 10. Stradanchenko S.G., Pleshko M. S., Armejskov V.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1994.
-



11. Molev M.D., Maslennikov S.A., Zanina I.A. E`kologicheskaya bezopasnost` ugle doby`vayushhix regionov: monografiya [Ecological safety of coal-mining regions: monograph]. Shaxty`: ISOiP (filial) DGTU, 2018. 113 p.

12. Molev M. D., Stradanchenko S. G., Maslennikov S. A. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2015. No. 16, September. Pp. 6787-6792.

13. Molev M.D. Formirovanie bezopasnoj sredy` zhiznedeyatel`nosti naseleniya v industrial`ny`x regionax: monografiya [Formation of a safe environment for the life of the population in industrial regions: monograph]. Shaxty`: ISOiP (filial) DGTU v g. Shaxty`, 2020. 96 p.

14. Molev M.D., Kostromina E.I. Teoriya i praktika issledovaniy professional`nogo riska na predpriyatiyax Rossii: monografiya [Theory and practice of occupational risk research at Russian enterprises: monograph]. Shaxty`: ISOiP (filial) DGTU, 2019. 125 p.

15. Molev M.D., Armejskov V.N., Golodov M.A. Gornyj informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2019, № 3. pp. 63-73.