

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ КАК ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ В ГОРОДСКОМ ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Е.Ю. КУЛИКОВА

Горный институт НИТУ «МИСИС»

119991, Россия, г. Москва, Ленинский просп., 6; e-mail: fragrante@mail.ru

В настоящее время экологическое обоснование градостроительной документации выполняют в процессе производства инженерно-экологических изысканий, которые в условиях освоения городского подземного пространства должны обеспечить оптимальность проектных решений, касающихся рационального природопользования и экологической безопасности подземного строительства. Главной задачей инженерно-экологических изысканий является обеспечение возможности принятия объёмно-планировочных, пространственных и конструктивных решений, гарантирующих минимизацию экологического риска и предотвращение неблагоприятных экологических последствий. Рассмотрены основные аспекты проведения инженерно-геологических изысканий, приведены концептуальная модель и механизм управления геоэкологическими рисками при строительстве городских подземных сооружений.

Ключевые слова: риск; геологическая среда; изыскания; стратегия управления; инженерно-экологические изыскания; прогноз, природно-техническая геосистема.

ENGINEERING SURVEYS AS THE BASIS OF THE GEOECOLOGICAL RISK MANAGEMENT IN THE URBAN UNDERGROUND CONSTRUCTION

E YU. KULIKOVA

Mining Institute of National University of Science and Technology MIS&S

119991, Russia, Moscow, Leninsky prospekt, 6; e-mail: fragrante@mail.ru

Currently an ecological basis of the urban planning documentation is performed during engineering and environmental surveys, which in the development of urban underground space should ensure the optimality of design decisions on environmental sustainability. The main task of engineering and environmental survey is to enable the adoption of city space planning projects, spatial and structural solutions ensuring minimization of environmental risk and to prevent adverse environmental effects. The basic aspects of engineering-geological surveys are considered, the conceptual model and the mechanism of geoecological risks management during the construction of urban underground structures are demonstrated.

Key words: risk; geological environment; management policies; engineering and environmental surveys; forecast; natural-technical geosystem.

Современный этап развития крупных городов характеризуется стремительным ухудшением качества окружающей среды, что влечёт развитие геологического, геодинамического и геоэкологического рисков.

Согласно исследованиям академика В.И. Осипова [4], зона геологического риска занимает порядка 60 % территории г. Москвы. К факторам геологического риска относятся: карстово-суффозионные и суффозионные процессы; активизация

оползней в результате техногенных воздействий; подтопление значительных территорий и изменение вследствие этого физико-механических свойств грунтов; повышенная сжимаемость техногенных грунтов; загрязнение геологической среды, повышение агрессивности грунтовых вод, ухудшение свойств загрязнённых грунтов; возникновение физических (электромагнитных) полей.

Природные факторы возникновения геологического риска в городских условиях усиливаются

техногенными нагрузками, в том числе и сформированными под влиянием подземного строительства: статическими и динамическими воздействиями от подземных объектов различного назначения, оборудования и механизмов, подземного и наземного транспорта; созданием подземных выработок; утечками из водонесущих коммуникаций; откачкой подземных вод; изменением тепловых, электромагнитных и других физических полей.

Геологические риски проявляется по нескольким направлениям [7].

Риск несвоевременного получения информации. Своевременность получения информации является определяющим условием для её использования.

Риски недостоверности и неточности информации. Чем недостовернее входная информация, тем неопределеннее выводы, тем принятое решение менее оптимально.

Риски неполноты информации. В горном и горно-строительном производстве доля затрат на получение геологической информации в себестоимости готового подземного объекта значительна. Формирование своевременной, достоверной и достаточной информации является предметом инженерных обоснований и расчётов, однако в процессе получения, хранения и использования информация может быть утеряна, забыта, искажена, скомпрометирована или фальсифицирована. Поэтому возникает необходимость учёта соответствующих рисков, которые могут повлиять на эффективность реализации горно-геологических проектов.

Риск утраты информации. Утрата информации возможна в результате форс-мажорных событий (природных катаклизмов, хищений и др.), ликвидации обанкротившихся горно-строительных организации, а также при плохо организованной системе хранения и использования информации. Сюда же относится забытая информация, т. е. информация, не реализованная непосредственно после её получения.

Риск искажения информации. Искажение информации может происходить в результате следующих причин:

1) *непреднамеренное повреждение* информации, возникающее, как правило, в результате неправильных записей при наборе данных, их переписывании и копировании, либо в результате случайного несанкционированного редактирования электронной информации, информационной «инфекции» и т. п.;

2) *преднамеренное искажение информации* в виде сокрытия части информации, необходимой для осуществления проектов подземного строительства.

Все эти направления развития геологического риска касаются в первую очередь инженерных изысканий.

Инженерные изыскания представляют собой важное звено в процессе строительства подземных сооружений или наземных зданий, от полноты и качества которых зависит уровень достоверности исходной информации для проектирования. Это предопределяет правильность выбора конструкции сооружения, степень безопасности технологии его возведения, а также надёжность функционирования природно-технической геосистемы породный массив — технология — подземное сооружение — окружающая среда на всех этапах жизненного цикла подземного объекта.

Роль инженерных изысканий часто недооценивается при оценке ожидаемого результата строительства. По данным различных исследователей, изучавших причины возникновения аварий сооружений в разных регионах, от 20 до 85 % их связывается с недостатком изысканий.

Основные ошибки на стадии изысканий при освоении подземного пространства следующие:

1) недооценка роли и значимости инженерных изысканий в обеспечении геотехнической надёжности подземных сооружений, следствием которой является экономия на этой стадии работ, что влечет задержку сроков строительства, возникновение рискованных ситуаций, выбор нерациональной технологии и конструкции подземного сооружения;

2) слабая нормативная база, регламентирующая согласованность действий участников строительного процесса и позволяющая учесть особенности проведения изысканий в зависимости от специфики условий данного региона;

3) слабая оснащённость изыскательских организаций современным оборудованием и методиками, позволяющими проводить комплексные исследования;

4) недостаточное внимание к прогнозу изменений инженерно-геологических условий в ходе строительства и эксплуатации подземного объекта, в том числе использование нормативных или косвенных данных о характеристиках грунтов, вместо проводимых полевых и лабораторных испытаний грунтов;

5) отсутствие должного контроля и экспертизы результатов изысканий;

6) отсутствие учёта взаимного влияния элементов природно-технической геосистемы породный массив — технология — подземное сооружение — окружающая среда.

Следует отметить, что не только объёмы изысканий, но и их состав применительно к строительству подземных и заглублённых сооружений в г. Москве должны быть уточнены. В частности, перечень и методики стандартных геомеханических испытаний, используемых сегодня, не дают возможности использовать в расчётах современные модели грунта и огромные возможности численных расчётов.

При устройстве подземных сооружений в условиях плотной городской застройки, возводимое подземное сооружение, вмещающий породный массив и расположенные в его пределах построенные инженерные объекты испытывают существенное взаимное влияние. В результате на вмещающий породный массив оказывают влияния следующие дополнительные факторы [3]:

1. *Технологические воздействия*, связанные с параметрами применяемой технологии, включают: динамические нагрузки на основание при работе механизмов; изменение уровня и характера миграции грунтовых вод, градиентов фильтрационных потоков в результате строительного водопонижения; изменения напряжённо-деформированного состояния участка массива и смещения грунта в ходе проходки скважин, траншей котлованов и др.; частичное промерзание грунтового массива и др.

На определённом этапе технологические воздействия способны трансформироваться в технологические риски, связанные с использованием технологий с повышенным уровнем риска без достаточной подготовки средств обеспечения безопасности и ликвидации возможных последствий. Примером могут служить следующие ситуации.

Ситуация в районе станции «Полежаевская» московского метрополитена: для ликвидации последствий аварии находящегося рядом коллекторного тоннеля в массив горных пород было закачено значительное количество карбамидной смолы. Отсутствие увязки сведений о составе агрессивных компонентов вод с материалом химического укрепления и с характером миграции подземных вод, содержащих сернистые соли, привело к достаточно быстрому расщеплению карбамидной смолы с образованием мочевины и формалина.

При строительстве перегонных тоннелей между станциями «Шулявская» и «Берестейская» Святошинско-Броварской линии киевского метрополитена в олигоценовых отложениях палеогена, представленных мелкозернистыми, каолинистыми обводненными песками, возникла обширная и сильная кислотная агрессия, приведшая к значительной коррозии чугунных тубингов и креплений, водопроводных труб, рельсов, временных кабельных кронштейнов и защитной металлической оболочки кабелей. Эрозия чугунных тубингов в отдельных местах достигла 5 мм за год, а болтовые крепления приходили в полную негодность через 2–3 месяца.

Проходка тоннелей на этом участке велась с использованием специальных методов: скользящего водопонижения и кессонирования. Химические анализы среды, проведённые в период изысканий на агрессивность, дали отрицательные результаты.

Исследование причин возникшей кислотной агрессии показало, что олигоценовые отложения палеогена, в которых велась проходка тоннелей,

являются потенциально агрессивными: в них, наряду с соединениями серы и железа (пириты, марказиты), обнаружались бактерии, трансформирующие серу. В такой экологической обстановке применение кессонного метода проходки способствовало активации размножения и окислительной деятельности ацидофильных тионовых бактерий, снижению pH до 1 и превращению среды вокруг тоннелей в агрессивную. Сильная коррозия элементов обделки привела к значительной потере её несущей способности.

2. *Геомеханические» воздействия*, связанные с изменением напряжённо-деформированного состояния вмещающего массива и действующие на стадии возведения сооружения.

3. *Экологические» нагрузки и воздействия*, связанные с техногенным изменением окружающей среды и проявляющиеся в течение всего жизненного цикла подземного сооружения. К ним относятся: изменение режима грунтовых вод в районе подземного сооружения, градиентов напора, направления фильтрационных потоков, развитие суффозионных процессов, изменение интенсивности химического загрязнения, активизация коррозионных процессов, повышение скорости распространения сейсмических волн, электропроводимости массива и т. д.

Снижение подобных нагрузок, воздействий и рисков на разных стадиях проектно-планировочных работ достигается в результате реализации двух требований [6]:

1) осуществления управления рисками в городском подземном строительстве с учётом состояния геологической среды;

2) выполнения мероприятий, направленных на снижение интенсивности развития опасных геологических процессов на всех стадиях функционирования природно-технической геосистемы породный массив — технология — подземное сооружение — окружающая среда и повышение стабильности геологической среды.

Для учёта указанных требований необходимо иметь чёткое представление о развитии различных видов опасных процессов при строительстве городских подземных сооружений, интенсивности и месте проявления, причинно-следственных связях и других закономерностях распространения, начиная со стадии формирования горно-строительной площадки.

Таким образом, среди факторов, влияющих на возможность возникновения геологического и строительного рисков при ведении подземных работ, в настоящее время можно выделить [3]: сложность инженерно-геологических условий участков подземного строительства в городе; значительные техногенные нагрузки на инженерно-геологическую среду города; наличие плотной городской застройки и необходимость ведения работ по строит-

ельству и реконструкции в стеснённых условиях; проблемы организационно-технического характера, связанные с плохой оснащённостью изыскательских, проектных и строительных организаций современным оборудованием и технологиями, недостаточный опыт и квалификация исполнителей; слабое взаимодействие участников строительного процесса и ряд других проблем.

В настоящее время экологическое обоснование градостроительной документации выполняют в процессе производства инженерно-экологических изысканий, которые в условиях освоения городского подземного пространства должны обеспечить оптимальность проектных решений, касающихся рационального природопользования и экологической безопасности подземного строительства.

Главной задачей инженерно-экологических изысканий является обеспечение возможности принятия объёмно-планировочных, пространственных и конструктивных решений, гарантирующих минимизацию экологического риска и предотвращение неблагоприятных экологических последствий.

При оценке экологического риска в подземном строительстве необходимо обязательно учитывать следующие факторы [5]:

1) *геологический* — состояние геологической среды, т. е. толщи грунтов, используемой для подземного строительства (состав и свойства грунтов, подземные воды и их режим, опасные геологические процессы и др.);

2) *технологический* — состав работ, осуществляемых при подземном строительстве (водопонижение, замораживание, химическое укрепление грунтов и др.), их влияние на окружающую среду;

3) *конструктивный* — физико-механические и иные свойства строительных материалов и конструкций (прочность, коррозионная стойкость и др.).

Анализ существующих подходов к управлению рисками при строительстве городских подземных сооружений показывает, что на современном этапе в условиях признания стохастического характера взаимодействия элементов в системе массив — технология — подземное сооружение — окружающая среда и объективного действия комплекса рисков возникает круг проблем, связанных с практическим применением теоретических наработок для управления параметрами надёжности этой системы. Для практического применения необходимо использовать методический инструментарий, включающий в себя методы и модели оптимизации, численные процедуры реализации методов, компьютерные программы и технологии выбора решений с учётом случайных факторов [2].

Базой для создания подобных моделей при подземном строительстве могут быть данные мониторинга природно-технической геосистемы, на основании которых формируется концептуальная мо-

дель (рис. 1), обоснованная комплексными критериями состояния природной среды и включающая в себя функцию цели и систему следующих ограничений:

1) законодательно-нормативных, регулируемых значениями предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в водоёмах, атмосферном воздухе, почве;

2) технико-технологических, обеспеченных методами инженерной защиты окружающей среды, наличием разработанных технологий или перспективных технических решений, оборудования и технических средств;

3) экономических, исходящих из существующих источников и объёмов финансирования природоохранных мероприятий;

4) экологических, основанных на ликвидации источников опасности или минимизации последствий от рискованных случаев, если таковые всё же произошли.

На заключительном этапе управления рисками при строительстве городских подземных сооружений акцент должен быть перемещён на формирование рекомендаций по комплексной системе защиты природной среды, предусматривающей меры по минимизации рисков на каждом этапе жизненного цикла подземного сооружения.

На основе всех изученных возможностей управления рисками предлагается механизм управления рисками при строительстве городских подземных сооружений при одновременном проведении их достоверных качественной и количественной оценок, структурная схема которого показана на рис. 2.

На начальном этапе осуществляется анализ факторов, потенциально предопределяющих развитие рискованной ситуации при строительстве и эксплуатации подземного сооружения. Формулируются цели и задачи по устранению рискованных ситуаций на данном объекте или их минимизации. Далее вырабатываются мероприятия по проверке эффективности принятых решений. Если выработанное техническое или технологическое решение не приносит желаемых результатов, то проводится детальный анализ рисков и корректировка целей и методов управления ими. Если выбранное решение отвечает условию минимизации риска при строительстве конкретного подземного сооружения, то на прогнозируемый период строительства данного объекта разрабатывается программа и стратегия управления рисками, обязательными условиями осуществления которых является контроль и корректировка проводимых мероприятий. Таким образом, при управлении системой массив — технология — сооружение — окружающая среда необходимо, чтобы вариант решения по выбору технологии соответствовал динамике внешних условий, что даёт возможность гибкого и свое-

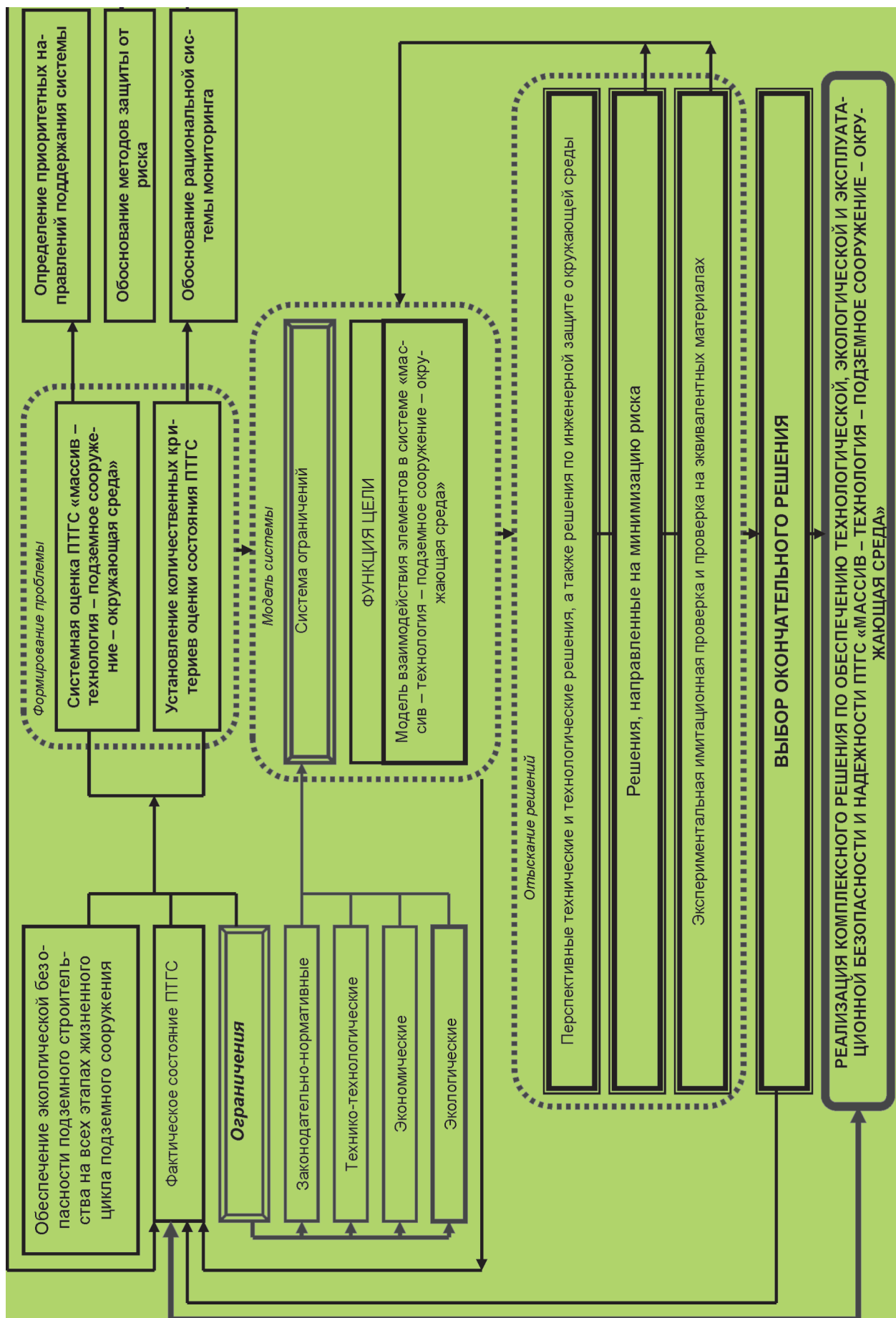


Рис. 1. Концептуальная модель управления рисками при строительстве городских подземных сооружений

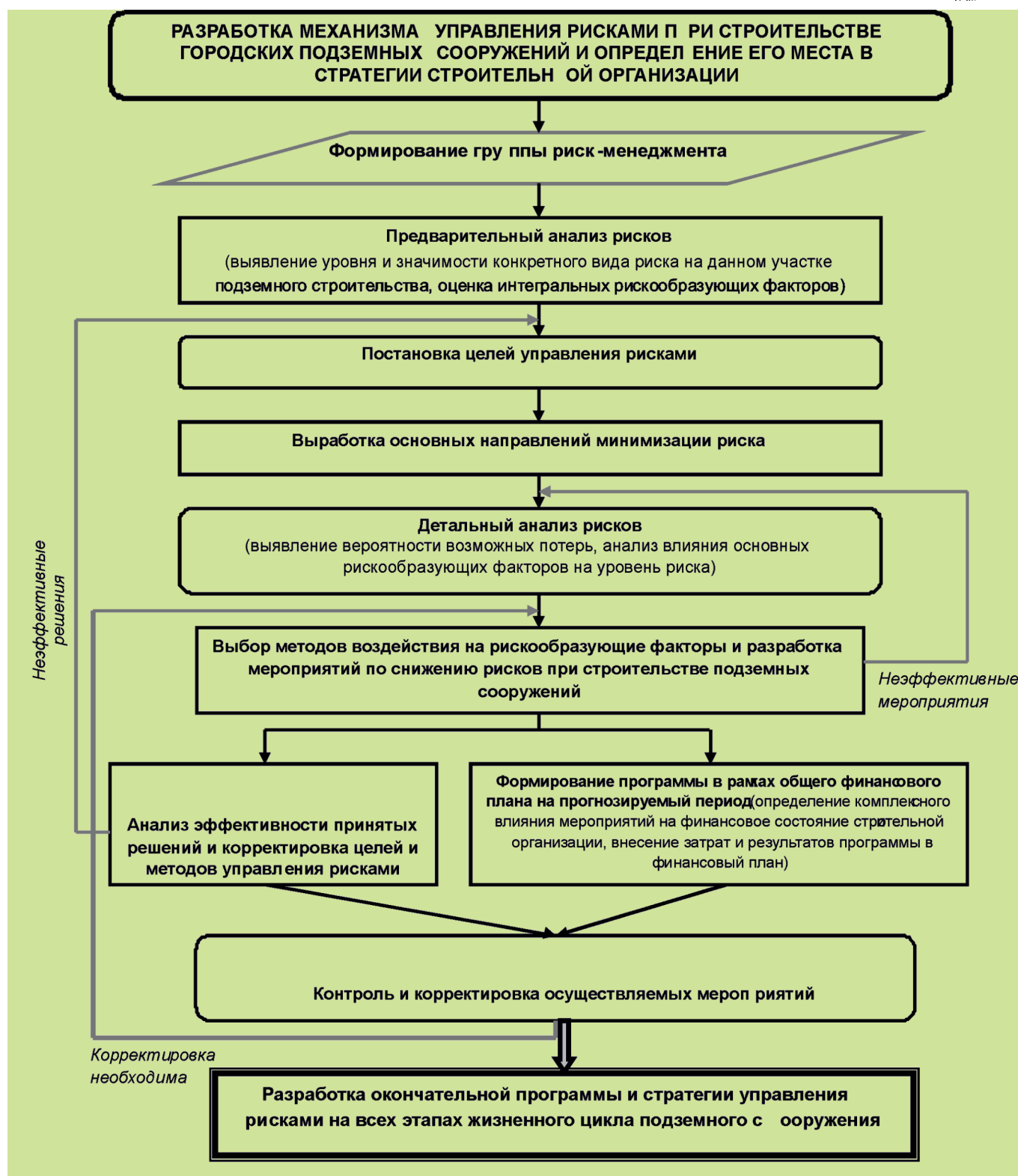


Рис. 2. Механизм управления рисками при строительстве городских подземных сооружений

временного реагирования на изменения элементов системы. Такая стратегия управления рисками при строительстве городских подземных сооружений перерастает в проблему снижения и предотвращения экологической опасности, которая базируется на учёте всех уровней горно-строительного произ-

водства, начиная со стадии получения геологической информации, прогноза, моделирования, составления проекта строительства и заканчивая выбором эффективных мероприятий инженерной защиты окружающей среды при эксплуатации подземного сооружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колыбин И.В. Подземные сооружения и котлованы в городских условиях — опыт последнего десятилетия // Российская геотехника — шаг в XXI век. Труды юбилейной конференции, посвященной 50-летию РОМГГиФ. М., 2007. 34 с.
2. Куликова Е.Ю. Подземная геоэкология мегаполисов. М.: Изд-во МГГУ, 2005. 480 с.
3. Москва: геология и город / Под ред. В.И. Осипова, О.П. Медведева. М.: ФО «Московские учебники и картолитография», 1997. 400 с.
4. Осипов В.И. Управление природными рисками // Вестник РАН. 2002. № 9. С. 27–31.
5. Петросов А.А. Мангуш К.С. Экономические риски горного производства. М.: Изд-во МГГУ, 2002. 142 с.
6. Рубан А.Д. Геоинформационное и геомеханическое обеспечение комплексного освоения недр мегаполисов // Труды научного симпозиума «Неделя горняка—2009», 2009. С. 33–42.
7. Шаклеин С.В., Рогова Т.Б. Оценка риска пользования недрами: учебн. пособие. Кемерово, ГУ КузГТУ. 2009. 120 с.

УДК 539.16.04, 551.521.2

ФОРМИРОВАНИЕ УРОВНЕЙ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНА КАВКАЗСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ЗА СЧЁТ РАДИОАКТИВНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

*П.А. СИДЯКИН, Э.Г. ЯНУКЯН, Н.А. ФОМЕНКО, Н.В. ВАХИЛЕВИЧ**Северо-Кавказский федеральный университет**357500, Россия, г. Пятигорск, ул. 40 лет Октября, 56; e-mail: sidyakin_74@mail.ru,*

Одной из экологических проблем курортного региона Кавказские Минеральные Воды (КМВ) является повышенный уровень облучения населения. Основным фактором, влияющим на радиационную обстановку региона, а следовательно, и на уровень облучения населения, является природная радиоактивность горных пород. Следует научно обосновать для региона КМВ механизмы миграции радионуклидов из горных пород в другие среды: в воду, атмосферный воздух, строительные материалы и помещения. Для курортного региона необходимо разработать карты потенциальной радиационной (радоновой) опасности. Для разработки данных карт требуется проведение широкомасштабных измерений, выявление закономерностей формирования радиационного фона территорий, с учётом миграционной способности радионуклидов. Требуется исключить строительство и эксплуатацию зданий, независимо от назначения, а также использование всех источников водоснабжения населения без соблюдения требований радиационной безопасности.

Ключевые слова: горные породы; радиоактивность; облучение населения; радон; естественные радионуклиды.

FORMATION OF THE LEVELS OF THE IRRADIATION OF THE POPULATION OF THE CAUCAUSIAN MINERAL WATER RESORTS DUE TO THE RADIOACTIVITY OF THE ROCKS

*P.A. SIDYAKIN, E.G. YANUKYAN, N.A. FOMENKO, N.V. VAHILEVICH**North-Caucasian Federal University, a branch in Pyatigorsk;**357500, Russia, Pyatigorsk, ave. 40 years of October, 56, e-mail: sidyakin_74@mail.ru*

One of the environmental problems of the resort region of Caucasian Mineral Waters (CMS) is the increased exposure of the population. The main factor affecting the radiation situation in the region, and hence the exposure of the population is a natural radioactivity of the rocks. It is needed to make a scientific basis for the region of CMS for the mechanisms of radionuclide migration from rocks to other media — namely, water, air, building materials and premises. For the resorts of the region it is needed to develop a map of potential radiation (radon hazard). The development of these maps requires a large-scale measurement, revealing the laws of formation of background radiation areas, taking into account the migratory ability of radionuclides. It requires exclusion of constructions and operation of buildings, regardless of the destination, as well as all sources of water supply of the population without compliance with all the requirements of radiation safety.

Key words: rocks; radioactivity; exposure of the population; radon; natural radionuclides.