

---

---

**МЕТОДОЛОГИЯ  
И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

---

---

УДК 624.131

**СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЛОКАЛЬНЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ  
ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ (ИПТС) КАК ОСНОВА  
МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДОЛГОВРЕМЕННОМУ СОХРАНЕНИЮ  
ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРЫ**

© 2016 г. В. В. Пендин, Л. В. Заботкина, В. О. Подборская, В. В. Невечеря

*ФГБОУ ВПО Российский государственный геологоразведочный университет  
им. С. Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ),  
ул. Миклухо-Маклая, 23, Москва, 117991 Россия. E-mail: DKIG@yandex.ru*

Поступила в редакцию 23.04.2015. г.

В статье рассматриваются примеры создания систем мониторинга локальных исторических природно-технических систем разного классификационного уровня. Приводится авторская схема классификации локальных ИПТС. Целью классификации является приведение разрозненных сведений о различных ИПТС в единую взаимосвязанную систему, опирающуюся на общие признаки – основания. На примере систем мониторинга локальных ИПТС Бородинского поля, Старой Рязани, Ростовского Кремля показывается их необходимость для решения задач комплекса охраняемых мероприятий.

**Ключевые слова:** мониторинг, историческая природно-техническая система (ИПТС), сфера взаимодействия, геологическая среда, памятник архитектуры.

Мониторинг исторической природно-технической системы (ИПТС) – целенаправленная система наблюдений за отдельными ее элементами, а также накопления получаемой информации и прогнозирования изменений состояния системы с целью разработки управляющих решений по сохранению и поддержанию оптимального режима ее функционирования, в том числе и для целей реставрации и реконструкции отдельных ее элементов [3, 4]. Опыт создания систем мониторинга на многих исторических объектах (Ростовский и Рязанский Кремль, Кирилло-Белозерский музей-заповедник и др.) дает основание утверждать, что мониторинг должен быть одним из главных элементов основания для принятия управляющих решений, нацеленных на долговременное сохранение памятников культурного наследия.

Главная трудность при организации мониторинга для ИПТС заключается в необходимости учитывать их многолетнее или даже многовековое существование и адаптацию за этот период к внешним и внутренним природным и антропогенным переменным взаимодействиям. В силу этого обстоятельства при составлении программы мониторинга для облегчения поставленных задач необходимо опираться на классификационное положение

ИПТС, которое учитывает в значительной степени многие из обозначенных их особенностей.

В настоящее время широко признана и распространена не только в научной среде, но и на практике теория природно-технических систем Г.К. Бондарика [1, 2]. Среди многообразия видов ПТС особо выделяют исторические природно-технические системы (ИПТС), в которых в качестве подсистемы “сооружение” рассматриваются памятники истории и архитектуры, время существования которых исчисляется сотнями лет. В последние десятилетия рассмотрение архитектурных памятников как подсистем ИПТС принято у ведущих специалистов, работающих в этой области: Е.М. Пашкин, В.В. Дмитриев, В.М. Кувшинников, и др. [4, 7, 8]

По аналогии с ПТС выделяют и иерархические уровни ИПТС. На сегодняшний день рассматриваются прежде всего два нижних уровня – элементарный и локальный. Так, отдельный памятник и сферу взаимодействия с ним геологической среды относят к элементарным ИПТС, а исторические архитектурные ансамбли, состоящие из зданий разного возраста и назначения, образуют локальную историческую ПТС. Исторические и архитектурные объекты, рассматриваемые как

искусственные подсистемы ИПТС, отличаются большим разнообразием, что обуславливает особый методический подход к изучению и сохранению памятников истории и культуры.

### КЛАССИФИКАЦИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Обобщение материалов многочисленных инженерно-геологических исследований на исторических территориях и для отдельных памятников, их систематизация, позволили предложить классификацию ИПТС [10]. Цель данной классификации – приведение разрозненных сведений о различных ИПТС в единую взаимосвязанную систему, опирающуюся на общие признаки – основания. Это, на наш взгляд, позволяет комплексно подойти к охраняемым мероприятиям для памятников истории и культуры, оптимизировать инженерно-геологические исследования на исторических территориях и сформировать системный подход к организации мониторинга ИПТС.

В соответствии с предложенной классификацией для **локальных исторических природно-технических систем** предлагается выделить пять иерархических уровней (табл. 1).

**I иерархический уровень** выделяется по главному признаку-основанию – по **основному охраняемому элементу**:

– **ландшафтные ИПТС**, где основным охраняемым элементом является исторический ландшафт и как его часть – культурный слой;

– **ландшафтно-архитектурные ИПТС** – исторические ландшафты с сохраненной архитектурной доминантой;

– **архитектурные ИПТС** – комплексы памятников архитектуры с подчиненной ролью исторического ландшафта.

**II иерархический уровень** выделен по **первоначальному назначению или обустройству территории**. Очень важный, с методической точки зрения, аспект сохранения исторической территории – ее первоначальное назначение или иначе ее “происхождение”. Таким образом, в группе ландшафтных ИПТС выделяются системы, условно названные “*места пребывания*” и “*мемориальные ландшафты*”. К первой подгруппе отнесены исторические территории, на которых отмечалась в древности относительно непродолжительная в историческом времени хозяйственная деятельность людей, сопровождающаяся сооружением временных построек и малозначительными преобразованиями природного

ландшафта, например селища, стоянки и прочее. А к “*мемориальным ландшафтам*” отнесены исторические территории, связанные с какими-либо историческими событиями, память о которых сохраняется в ландшафте – это поля сражений, мемориальные парки и прочее. В методическом аспекте различия связаны с сохранностью в первой подгруппе прежде всего культурного слоя, а во второй – поддержанием природных аспектов исторического ландшафта и его искусственных элементов (редуты, рвы, ограды, пруды, каналы и пр.). Особых методических приемов изучения требует восстановление и поддержание исторического ландшафта в состоянии, характерном для определенного исторического периода, так как многовековое существование исторической территории может привносить существенные коррективы в орографические, биотические и другие составляющие ландшафта.

На этом же иерархическом уровне для ландшафтно-архитектурных ИПТС были выделены “*поселения*” (культурный слой с частично сохранившейся архитектурной составляющей) и “*ландшафтно-архитектурные комплексы*” (преимущественно незастроенная территория (парки, поля и т.д.). Для “поселений” характерна активная хозяйственная деятельность в древности, в результате которой природный ландшафт был существенно изменен, а также сохранились отдельные строения или их фрагменты, чаще это элементы фортификационных сооружений (валы, рвы и т.д.), но в настоящее время это преимущественно исторический ландшафт с сохраняемым культурным слоем, например древние городища. Для “ландшафтно-архитектурных” комплексов характерно наличие обширных территорий, не занятых постройками и представляющих собой культурный ландшафт, длительное время искусственно поддерживаемый, и занятые сооружениями различного уровня усадки. К ландшафтно-архитектурным комплексам отнесены усадьбы, дворцовые комплексы и др.

В архитектурных ИПТС выделены подгруппы: “*участки исторической городской застройки*” и “*обособленные территории с исторической застройкой*”. Особенность этих подгрупп – достаточно плотная застройка и подчиненная роль ландшафта. Участки исторической застройки, как правило, это кварталы, сохранившие свой первоначальный исторический облик, которые часто интегрированы в современную часть города и, возможно, связаны с ним единой инфраструктурой. Обособленные территории это – монастыри, кремли, крепости и др., которые по замыслу древних зодчих изначально строились как обособленные территории или в какой-либо исторический период объединенные фор-

Таблица 1. Классификация локальных исторических природно-технических систем

Локальные ИПТС				
I. По основному охраняемому элементу				
Ландшафтные		Ландшафтно-архитектурные		Архитектурные
II. По первоначальному назначению или обустройству территории				
Места пребывания (культурный слой)	Мемориальные ландшафты (охраняемый ландшафт)	Поселения (культурный слой с частично сохранившейся архитектурной составляющей)	Ландшафтно-архитектурные комплексы (преимущественно незастроенная территория)	Участки исторической городской застройки
III. По интенсивности взаимодействия с техносферой в настоящее время				
Низкая по интенсивности техногенная нагрузка			Значительная по интенсивности, разнообразная по виду техногенная нагрузка	
IV. По степени сложности строения подсистемы "СВ"				
Простое		Средней сложности		
		Сложное		
V. По генетическим категориям рельефа				
Гравитационный	Делювиальный	Флювиальный (созданный постоянными и временными водотоками)	Ледниковый	Водно-ледниковый (флювиогляциальный и лимногляциальный)
			Биогенный	Озерного происхождения
				Морского происхождения

тификационными сооружениями и сохранившиеся в таком виде до наших дней.

Следующие уровни ранжирования относятся к классифицированию подсистемы локальной ИПТС – сфера взаимодействия сооружений с геологической средой (СВ).

**На III иерархическом уровне** ИПТС подразделяются в зависимости от интенсивности внешней современной техногенной нагрузки на сферу взаимодействия: ИПТС с *низкой и высокой интенсивностью* техногенной нагрузки. Так, например, в настоящее время часто исторические территории оказываются в окружении развивающейся в хозяйственном отношении территории, к ним со всех сторон подступает современная застройка. В таких условиях сферы взаимодействия ИПТС могут пересекаться или соприкасаться с современными ПТС, образуя сложную область взаимодействия, поэтому исследование ИПТС должно сопровождаться исследованием внешней техногенной нагрузки (в том числе и влиянием современных наземных и подземных сооружений) и инженерно-геологических процессов, оказывающих негативное влияние на сохранность ИПТС. Разновидности ИПТС с низкой интенсивностью техногенной нагрузки расположены на территориях вне современной застройки или с несопоставимо меньшим антропогенным влиянием, и где в настоящее время преобладает развитие природных процессов. Нередко хозяйственная запущенность этих территорий и активизация экзогенных геологических процессов могут также приводить к негативным последствиям.

**На IV четвертом уровне** ИПТС разделяются по сложности строения подсистемы СВ на три категории: *простая, средней сложности и сложная*. Критерии выделения аналогичны выделяемым категориям сложности инженерно-геологических условий в современных нормативных документах [11].

**V уровень** ранжирования предлагает разделение ИПТС по генетической категории рельефа территории. Как известно [6, 9], генезис рельефа определяет облик (морфографию), динамику и особенности эволюции рельефа. Предлагается для ИПТС, расположенных на Русской платформе, выделить следующие, характерные для них генетические категории экзогенного рельефа – *гравитационный, делювиальный, флювиальный, ледниковый, водно-ледниковый, озерный, биогенный, морского происхождения*.

Для элементарных ИПТС была предложена другая классификация, которая здесь не рассматривается [10].

## МЕТОДОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА ИСТОРИЧЕСКИХ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Общий подход к охраняемым комплексам, основанный на теории природно-технических систем, позволил создать системы мониторинга, в которых учитывались особенности каждой ИПТС. Основная цель мониторинга заключается в обеспечении предупреждения развития экстремальных ситуаций в отслеживаемой системе с целью их предотвращения или локализации. Опыт работ позволяет выделить следующие основные этапы организации мониторинга общие для любой ИПТС [4, 5]:

- 1) оценка современного состояния всех подсистем и элементов ИПТС и ретроспективный анализ изменений, происходивших с ними – диагноз функционирования ИПТС;
- 2) составление программы мониторинга, в которой определяются основные наблюдаемые компоненты и сеть наблюдений, обосновывается подбор методов и методика наблюдений, разрабатывается регламент проведения наблюдений и устанавливаются формы отчетности;
- 3) создание пунктов сетей наблюдений и проведение циклов наблюдений;
- 4) анализ полученных результатов, скорректированный прогноз, разработка управляющих мероприятий по результатам мониторинга, основанных на установленных “пороговых” значениях стабильности ИПТС, и, при необходимости, корректировка режимных сетей и регламента мониторинга.

**Первый этап** заключается во всестороннем исследовании ИПТС. В начале работ необходимо составить историческую справку о строительстве, возможных реконструкциях, эксплуатации и этапах формирования ИПТС и о внешних воздействиях на нее, а также о различных ранее проведенных исследованиях на ее территории. Важен ретроспективный анализ исторических изменений, происходившие на окружающей территории, последовательность ее освоения, преобразования. Такой подход позволяет установить этапы формирования ИПТС и проследить взаимодействия отдельных ее компонентов во времени. Далее исследуются архитектурные и конструктивные особенности сооружений и оценивается их современное состояние. Также на первом этапе проводится изучение современных инженерно-геологических условий исторической территории, на основе которого и с учетом исторической справки проводится ретроспективный анализ природных и техногенных взаимодействий ИПТС с другими системами. Осуществляется комплексная оценка архе-

Таблица 2. Примерный состав режимных сетей мониторинга локальных ПТС

Подсистема "Памятники"			
Состав и предмет наблюдений	Метод наблюдений	Пункты получения информации	Наиболее характерная периодичность наблюдений
Общее техническое состояние	Визуальное обследование с фиксацией деформаций, фото и текстовым комментарием и рекомендациями	Все здания и сооружения на исторической территории	Один раз в два года
Аварийные, ремонтные, реставрационные и прочие работы, влияющие на изменения технического состояния сооружения	Визуальное обследование с фиксацией произошедших изменений, фото- и текстовым комментарием с отметкой о площадном (или объемном) развитии изменений	То же	Постоянный контроль сотрудников службы мониторинга или соответствующих специалистов музея
Динамика развития трещин	Замеры вертикальных и горизонтальных смещений по раздвижным маякам	Места установки маяков (по согласованию со специалистом)	Один раз в квартал (для маяков, показывающих динамику более 1 мм/год) и два раза в год (желательно весной, осень) для остальных
Неравномерность осадок	Геодезические наблюдения по осадочным маркам с отчетом о динамике развития осадок	Места установки осадочных марок (по согласованию со специалистом)	Один раз в два года
Микробиологический контроль	Визуальное обследование (внутренних и внешних конструкций) специалистом с фотофиксацией и текстовым комментарием	Все здания и сооружения	Один раз в два года
Деструктивные изменения на поверхности стен, цоколя и других конструкциях сооружений	Замеры влагосодержания деревянных и каменных конструкций. Микробиологические замеры.	На участках проявления высолов, микробиологических поражений, повышенной влажности конструкций и др. (по согласованию со специалистом)	По особым рекомендациям специалистов, проводящих обследования
Температура и относительная влажность воздуха в помещениях	Измерение приборами	Экспозиционные помещения	Периодичность наблюдений в экспозиционных помещениях в соответствии с гостированными методиками
Микроклиматические наблюдения	Измерение метеорологических параметров с помощью компактной метеостанции WMR-918 (температура и относительная влажность воздуха, давление, скорость и направление ветра, количество осадков)	Метеопост на территории	Один раз в день

Таблица 2 (окончание)

Подсистема "Памятники"		Метод наблюдений	Пункты получения информации	Наиболее характерная периодичность наблюдений
Состав и предмет наблюдений	Метод наблюдений	Пункты получения информации	Наиболее характерная периодичность наблюдений	
Наблюдения за состоянием растительного покрова и почв	Визуальное обследование специалистом с фотофиксацией и текстовым комментарием и рекомендациями. Фитопаталогический контроль	Геоботаническая площадка, древесная и травянистая растительность	Постоянный контроль сотрудников службы мониторинга или соответствующих специалистов музея один раз в два года или по мере необходимости	
Наблюдения за состоянием дневной поверхности	Геодезическая съемка, в том числе с фиксацией новых линий подземных коммуникаций	Вся территория музея-заповедника	Один раз в десять лет	
Наблюдения за локальными изменениями на территории музея-заповедника, связанными с ремонтно-строительными работами, прокладкой коммуникаций, перепланировкой территории, особой реакционной нагрузкой, последствием стихий, археологические и изыскательские работы и т.д.	Фиксация (по возможности в масштабе) на карте дежурного обследования территории с фотофиксацией и текстовым комментарием. При работах, влияющих на сохранность культурного слоя, желательна фиксировать объем (площадь и глубину потревоженности) изменения	Для участков перепланировки территории Вся историческая территория	По завершении соответствующих работ или по мере необходимости Постоянный контроль сотрудников службы мониторинга	
Наблюдения за уровнем поверхностных вод	Гидрологические наблюдения по стационарному водомерному посту	Водоемы на исторической территории (необходимость определяется специалистом)	Один раз в месяц	
Состояние искусственных водоемов	Визуальное обследование с фотофиксацией, текстовым комментарием и рекомендациями	Береговая кромка и дно прудов	Два раза в год (весна, осень) или по мере необходимости (определяется специалистом)	
Наблюдения за уровнем подземных вод	Гидрогеологические наблюдения	Режимные гидрогеологические скважины	Два раза в месяц	
Качество химического состава подземных и поверхностных вод	Лабораторный	Гидрогеологические скважины и водоёмы	Один раз в год или по мере необходимости	
Гидрогеологические и гидрологические наблюдения	Анализ результатов режимных гидрогеологических и гидрологических наблюдений	Результаты наблюдений по гидрогеологическим режимным скважинам и водомерным постам	Один раз в два года или по мере необходимости	

ологических, биологических, гидрологической и других особенностей территории расположения современной ИПТС. Результатом этой работы должен быть картографический материал (серия крупномасштабных карт различного назначения), который является основой для прогноза функционирования ИПТС. Могут быть составлены карты инженерно-геологических условий с участками развития инженерно-геологических и физико-географических процессов; геоморфологические карты с отображением искусственного охраняемого ландшафта или с элементами погребенного рельефа; ботанические с выделением наиболее ценных растительных ассоциаций; археологические с фиксацией развития и состояния культурного слоя и другие.

На **втором этапе** составляется программа мониторинга, в которой определяется набор наблюдаемых компонентов, устанавливаются методы наблюдений, разрабатывается сеть мониторинга с пунктами получения информации, устанавливается регламент режимных наблюдений, фиксируется периодичность получения информации и формируется база данных.

В набор наблюдаемых компонентов ИПТС, как правило, включаются те из них, которые наиболее изменяются во времени и влияют на сохранность памятников природы, истории и культуры. Для сооружений – это деформации и деструкции памятников архитектуры, микроклимат и факторы загрязнения воздуха в помещениях; для исторического ландшафта – микроклиматические особенности в пределах исторической территории, параметры загрязнения окружающего воздуха, уровень и качество воды в водоемах, изменения уровня подземных вод, развитие опасных геологических и инженерно-геологических процессов, техногенные видоизменения дневной поверхности, изменения в развитии растительных ассоциаций, состояние растительного покрова и др.

Подбор рациональных методов наблюдений, а также их комплексирование производится в зависимости от количества и типа выбранных наблюдаемых компонентов ИПТС.

Сеть точек наблюдений (пунктов получения информации) на исторической территории определяется в соответствии с выбранными методами и количеством наблюдаемых компонентов и обычно представлена фиксированными на местности точками, реперами, профилями, скважинами, наблюдательными участками, метео- и водомерными постами и т.п., имеющими геодезическую привязку и нанесенными на карту фактического материала, а для сооружений – схемой размещения деформационных маяков, осадочных марок, датчиков, фиксирующих микроклиматическое состояние, помеще-

ний и другие. В табл. 2 приведен основной состав режимных сетей мониторинга локальных ИПТС.

Периодичность наблюдений устанавливается, как правило, в соответствии с имеющимся опытом проведения мониторинга и с учетом требований, регламентированных нормативно-методическими документами. В дальнейшем она может корректироваться в зависимости от результатов анализа данных мониторинга за определенный значимый период времени.

Информацию, получаемую в процессе мониторинга, рационально сохранять в специализированных базах данных, по которым можно комплексно оценить состояние памятника и проследить изменение его состояния во времени.

**Третий этап** заключается в проведении наблюдений строго в соответствии с разработанным и утвержденным регламентом.

**Четвертый**, завершающий этап мониторинга заключается в аналитическом анализе данных наблюдений за компонентами ИПТС за определенный промежуток времени, что позволяет провести оценку состояния и происшедших изменений в отдельных подсистемах ИПТС и экологической обстановки в пределах исторической территории, выдать соответствующие рекомендации по оперативным охраняемым мероприятиям и реставрации. На этом же этапе принимаются решения о введении изменений в регламент наблюдений (изменение периодичности, увеличение или уменьшение числа пунктов режимных сетей и др.), а также об организации “оперативного мониторинга” [7] в случае начала реставрационных или ремонтных работ.

Такой алгоритм действий при организации мониторинга актуален для любых ИПТС. Однако для локальных ИПТС, выделенных по основным охраняемым компонентам, характерны особые приемы организации мониторинга, прежде всего обусловленные большими площадными размерами, многообразием объектов различного возраста, назначения, сохранности, и главное – наличием равнозначно ценных объектов охраны: архитектурных сооружений и исторического ландшафта, включая и культурный слой.

## СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЛОКАЛЬНЫХ ИПТС

**Мемориальная ландшафтная ИПТС** – музей-заповедник Бородинского поля – историческая территория, включающая комплекс памятных мест, памятники-монументы, Спасо-Бородинский монастырь, часовни, поля сражений Отечественных войн 1812 и 1941–1945 гг., занимает около

110 км<sup>2</sup>. В ходе работ по обоснованию системы мониторинга на первом этапе была составлена карта изученности территории Бородинского поля на основе обобщения и анализа архивных материалов. На карте наглядно продемонстрировано многообразие научно-исследовательских, проектных, изыскательских и других видов работ, осуществлявшихся на территории заповедника, а также периоды их проведения и площади, охваченные исследованиями, что позволило оценить степень изученности территории, направленность и необходимость дальнейших исследований. Учитывая обширные территории охраняемого объекта, была разработана сеть пунктов наблюдения за наиболее динамичными экзогенными геологическими и инженерно-геологическими процессами на участках в пределах мемориально-экспозиционного комплекса. Анализ данных мониторинга по этим участкам позволил дать оценку территории по степени проявлений современных экзогенных процессов потенциально опасных для ИПТС.

Было проведено геоботаническое обследование растительного покрова – одного из главных составляющих исторического охраняемого ландшафта территории Бородинского поля. На основании обследования были определены участки для регулярных наблюдений и установлены критерии оценки ухудшения состояния растительного покрова.

Таким образом, в процессе обоснования системы мониторинга на столь обширной территории был проведен комплекс исследований, направленных на изучение ИПТС “Бородинское поле”. Результатом исследований была градация элементов ИПТС по степени исторической сохранности, испытываемой современной техногенной нагрузкой и скорости развития неблагоприятных процессов, влияющих на ее стабильность. Полученный результат позволил не только разработать Программу мониторинга и дифференцированно подойти к определению пунктов получения информации, обоснованию частоты и периодов наблюдения, но и разработать комплекс оперативных охранных мероприятий.

При организации мониторинга для **ландшафтно-архитектурных ИПТС**, относящихся к поселениям, где основной охраняемый элемент – исторический ландшафт и в том числе культурный слой, особое внимание должно уделяться именно наблюдениям за сохранностью этих компонентов. В качестве примера можно привести Старорязанское городище – некогда достаточно крупный средневековый город, имеющий плотную застройку, в настоящее время утративший практически всю архитектурную составляющую. Одна из особенностей этого археологического памятника – невысокая антропогенная нагрузка за столетия после его формирования, а в последние десятилетия территория городища вообще практи-

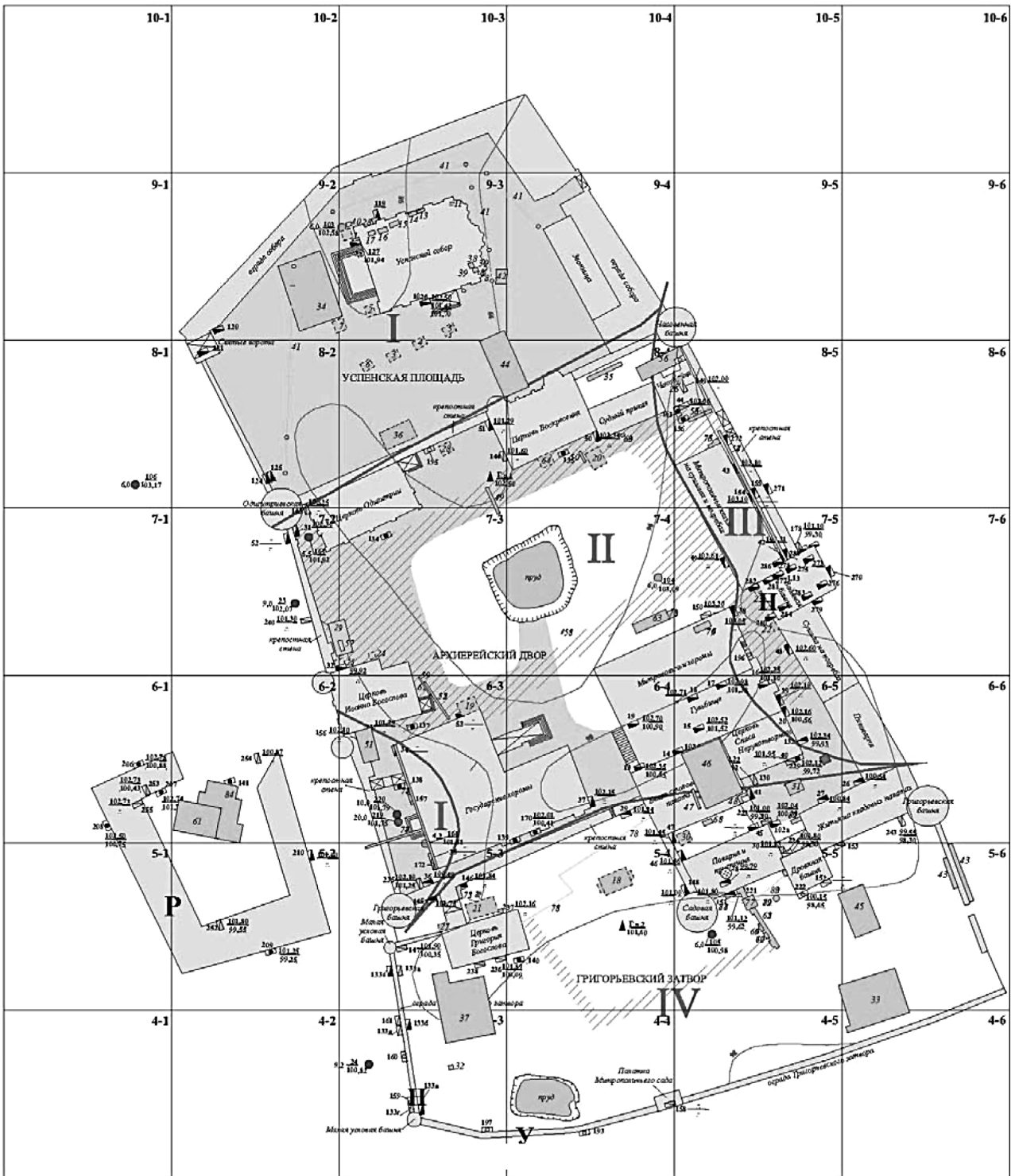
чески выведена из хозяйственного использования. Однако развитие опасных экзогенных геологических процессов на поверхности городища (эрозионных, склоновых) приводит к постепенному исчезновению памятника. Проведенные инженерно-геологические исследования и анализ материалов археологических раскопок позволили составить схематическую карту зонирования городища по степени сохранности культурного слоя, сохранившихся элементов исторического ландшафта и фортификационных сооружений. В результате этой работы были выделены участки с активно развивающимися эрозионными процессами, разрушающими городище; зоны с повышенной современной антропогенной нагрузкой, и, наконец, участки с наиболее сохранившимся культурным слоем, перспективные для археологических исследований.

На основании полученных аналитических материалов была составлена программа мониторинга, определены виды режимных наблюдений, разработан регламент наблюдений за отдельными элементами ИПТС. Проведенные циклы наблюдений позволили оценить скорость развития экзогенных геологических процессов и выделить на территории городища участки, вероятность утраты которых в ближайшие десятилетия очень велика, а также установить антропогенный фактор в активизации склоновых процессов на некоторых участках. Результаты многолетних наблюдений по режимным сетям мониторинга легли в основу рекомендаций по сохранению и музеефикации уникального памятника архитектуры – Старорязанского городища.

Несколько иной методический подход к разработке мониторинга для **архитектурных ИПТС**, в которых присутствует архитектурная составляющая – архитектурных комплексов, обособленных исторических территорий с исторической застройкой. Системы мониторинга локальных ИПТС Ростовского, Рязанского, Можайского кремля, Кирилло-Белозерского монастыря разрабатывались по результатам комплексных исследований, проведенных авторами и сотрудниками кафедры инженерной геологии МГРИ-РГГРУ под руководством Е.М. Пашкина, В.Л. Невечери, Е.И. Романовой в 1990-х годах.

Наиболее полно разработана и осуществлена система мониторинга ИПТС Ростовского кремля. Основные наблюдения за подсистемой “Памятники” проводились по результатам визуального конструкторского обследования сооружений кремля, по геодезическим наблюдениям положений осадочных марок, раздвижным маякам, а также по материалам обследования состояния фундаментов сооружений. Конструкторские обследования позволили выявить и зафиксировать деформации сооружений, а также наметить мес-





















*a*



Схематическая карта состояния исторической природно-технической системы Ростовского Кремля (а) и условные обозначения к ней (б).

та размещения осадочных марок и раздвижных маяков. В настоящее время сеть наблюдений за деформациями охватывает практически все основные сооружения кремля, и по данным наблюдений можно проследить динамику развития деформаций.

Внутренние помещения сооружений в экспозиционных залах оборудованы системами наблюдения за температурно-влажностным режимом, поддержание которого в оптимальном состоянии эффективно осуществляется сотрудниками службы мониторинга. В экспозиционных залах, архивных

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	
<b>I Техническое состояние исторической территории</b>	
	<b>1. Зоны изменения рельефа в результате перепланировки территории</b>
	<b>2. Зоны с различным режимом первого от поверхности (техногенного) горизонта подземных вод</b>
	Стабильным регулируемым положением уровня подземных вод за счет дренажных систем;
	Преимущественно вертикальный характер водообменных процессов (амплитуда колебаний УПВ 1-2,5 м, а в зоне со снятым поверхностным слоем за счет планировки и у пруда 0,2-1,0 м);
	С высокой естественной дренированностью, за счет понижения в палеорельефе (амплитуда колебания 0,5-1,5 м);
	С высокой естественной дренированностью (амплитуда колебания УПВ до 2,0 м)
<b>3. Участки различной сохранности культурного слоя</b>	
	Максимальной сохранности;
	Частично утраченные при строительстве сооружений
	Частично утраченные (в глубину около 1,0 м) при прокладке коммуникаций.
	Утраченные при археологических исследований: а) достоверное местоположение; б) предполагаемое (условное) местоположение
	Утраченные при инженерно-геологических работах: А) шурфы; Б) шурфы-скважины
<b>II Техническое состояние исторических сооружений</b>	
<b>1. Различная сохранность сооружений</b>	
	Частично утраченные
	Находящиеся в руенированном состоянии
	Находящиеся в неудовлетворительном состоянии
<b>III Прочие</b>	
	Инженерно-геологические выработки в которых проводилось археологическое описание: А) шурфы; Б) шурфы-скважины
$206 \frac{102,78}{100,88}$	Номер выработки. В числителе абсолютная отметка кровли фундамента, в знаменателе абсолютная отметка подошвы фундамента
	Режимные гидрогеологические скважины, пробуренные на: А) первый от поверхности водоносный горизонт (техногенный); Б) второй от поверхности водоносный горизонт (валдайский); В) третий от поверхности водоносный горизонт (микулинский);
	Колодцы
	Геодезический репер
	Условная сетка с нумерацией: первая цифра - номер квадрата по вертикали; вторая - по горизонтали
	Рельеф

и библиотечных помещениях проводятся микробиологические обследования. В помещениях Кремля, где отмечается повышенная влажность стен, проводятся регулярные замеры влажности конструкций и дополнительное микробиологическое обследование, что позволяет обосновать комплекс охранных мероприятий.

В сеть мониторинга включены наблюдения и фиксация всех планировочных изменений, происходящих на территории, так как ландшафт исторического комплекса Кремля также является охраняемым объектом и наиболее динамично изменяющейся частью ИПТС. Ландшафт Ростовского кремля претерпел значительные изменения за многовековую историю своего развития, такие элементы ландшафта, как рельеф и растительный покров, к настоящему времени практически не сохранились. Однако есть элементы ландшафта, в значительной мере сохранившиеся со времени своего образования: культурный слой исторической территории и пруд. Пруд – доминанта территории Архирейского двора, местоположение которого в течение нескольких веков оставалось неизменным, несмотря на неоднократные изменения его формы, также включен в сеть мониторинга. Регулярные наблюдения проводятся за его состоянием и положением уровня воды.

Культурный слой, накапливавшийся по мере формирования города и архитектурного ансамбля Ростовского кремля, представляет особую историческую и культурную ценность. Являясь грунтовым основанием исторических сооружений, он испытывает достаточно серьезную техногенную нагрузку с их стороны. В свою очередь, изменения, происходящие в состоянии культурного слоя, в той или иной мере влияют на сохранность самих памятников. Культурный слой испытывает антропогенную нагрузку. Изменяются, прежде всего, его приповерхностные слои, например, часть культурного слоя была удалена в ходе планировки территории, часть изменена при прокладке коммуникаций, изыскательских и прочих работах. Это неизбежные потери, однако они могут быть минимизированы и контролироваться археологами и службой мониторинга. Все изменения состояния культурного слоя фиксируются на соответствующей карте. Дежурная карта дает представление о масштабе и четкой привязке происходящих изменений, а также по мере накопления информации позволяет судить обо всех преобразованиях культурного слоя в целом. Это имеет особое значение, так как в последние годы проводятся работы по воссозданию рельефа территории кремля и растительного покрова, соответствующего периоду наибольшего расцвета: концу XVII в. – первой половины XVIII в.

Для территории Ростовского кремля важны наблюдения за изменением уровня подземных вод, поскольку формирование исторического ядра Ростова Великого происходило в условиях высокого положения уровня грунтовых вод (УГВ). Эта же тенденция сохраняется и сейчас. Положение УГВ непосредственно влияет на состояние сферы взаимодействия локальной ИПТС Ростовского кремля. Водонасыщенность грунтового основания памятников архитектуры обеспечивает сохранность деревянных свай в фундаментах и “консервирует” органические артефакты в культурном слое, поэтому при разработке проектов дренажных, планировочных работ и других проектных решений, влияющих на положение УГВ, необходимо знать и учитывать его граничные изменения. Гидрогеологическая режимная сеть в Ростовском кремле была заложена еще в середине 1970-х гг., в настоящее время она состоит из 12 скважин и одного колодца. Наблюдения проводятся за тремя водоносными горизонтами.

Результаты многолетних наблюдений и анализ материалов детальных инженерно-геологических исследований позволили оценить современное состояние всей ИПТС Ростовского кремля, что нашло свое отражение на схематической карте ее состояния (рисунок). На карте для всех сооружений отмечены критические границы положения УГВ. Положение подземных вод ниже критического уровня может привести к разрушению свайного поля, а повышенное положение – к переувлажнению стен сооружений. Эти границы служат критерием для оценки происходящих изменений в подсистеме СВ, особенно во время производства земляных, планировочных и дренажных работ на территории кремля и по его периметру.

Система мониторинга, функционирующая на территории Кремля более 15 лет, имеет большое значение для поддержания стабильности всей ИПТС Ростовского кремля. По результатам многолетних наблюдений авторами были даны рекомендации по сохранению стабильности комплекса.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Организация системы мониторинга – одна из приоритетных задач комплекса охранных мероприятий на исторических территориях. Успешное ее функционирование обеспечит непрерывный контроль состояния ИПТС и своевременное квалифицированное проведение охранных мероприятий по предупреждению и устранению возможных негативных и аварийных ситуаций.

1. В основе организации систем мониторинга ИПТС должен быть реализован методологичес-

кий подход, базирующийся на теории природно-технических систем.

2. Предлагаемая авторами классификация локальных исторических природно-технических систем (пять иерархических уровней) помогает создавать системы мониторинга, в которых учитываются их главные особенности.

3. Обобщенный опыт работ на исторических территориях позволил выделить четыре основных этапа организации систем мониторинга, их охарактеризовать, привести примерный состав режимных сетей мониторинга локальных ИПТС.

4. На примере организованных систем мониторинга локальных ИПТС Бородинского поля, Старой Рязани, Ростовского кремля показано, что мониторинг обеспечивает контроль их состояния и своевременное квалифицированное проведение охранных мероприятий по предупреждению и устранению возможных негативных и аварийных ситуаций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Инженерно-геологические изыскания. М.: КДУ, 2008. 424 с.
2. Бондарик Г.К. Экологическая проблема и природно-технические системы. М: Икар, 2004. 152 с.
3. ГОСТ Р 55945-2014. Правила инженерно-геологических изысканий (исследований) для сохранения объектов культурного наследия. М.: Стандартинформ, 2014.
4. Дмитриев В.В. Мониторинг исторических природно-технических объектов // К 80-летию кафедры инженерной геологии МГРИ-РГГРУ. Сергиев Посад: Патриарший издательско-полиграфический центр, 2013. С. 56–62.
5. Заботкина Л.В. Особенности организации мониторинга локальных исторических природно-технических систем (ИПТС) // К 80-летию кафедры инженерной геологии МГРИ-РГГРУ. Сергиев Посад: Патриарший издательско-полиграфический центр, 2013. С. 135–140.
6. Кизевальтер Д.С., Раскатов Г.И., Рыжова А.А. Геоморфология и четвертичная геология. М.: Недра, 1981. 215 с.
7. Пашкин Е.М. Инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры. М.: Высш. шк., 2013. 333 с.
8. Пашкин Е.М., Кувшинников В.М., Пономарев В.В. и др. Методологические основы инженерно-геологического изучения состояния памятников архитектуры // Изв. вузов. Геология и разведка. 2002. № 5. С. 84–95.
9. Пендин В.В. Комплексный количественный анализ информации в инженерной геологии. М.: КДУ, 2009. 350 с.
10. Пендин В.В., Заботкина Л.В., Подборская В.О. Предложения по классификации исторических природно-технических систем // Геология и разведка. 2012. №3. С. 56–62.
11. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть. I. Общие правила производства работ. М: Госстрой, 1998.

#### REFERENCES

1. Bondarik, G.K., Yarg, L.A. *Inzhenerno-geologicheskie izyskaniya* [Engineering geological investigations]. Moscow, KDU, 2008, 333 p. (in Russian).
2. Bondarik, G.K. *Ekologicheskie problemy i prirodno-tekhnicheskie sistemy* [Environmental problems and natural-technogenic systems]. Moscow, Ikar, 2004. (in Russian).
3. *GOST R 55945-2014. Pravila inzhenerno-geologicheskikh izyskaniy (issledovaniy) dlya sokhraneniya ob'ektov kul'turnogo naslediya* [Rules of engineering geological survey (research) for the conservation of cultural heritage]. Moscow, Standartinform Publ., 2014. (in Russian).
4. Dmitriev, V.V. *Monitoring istoricheskikh prirodno-tekhnicheskikh ob'ektov*. [Monitoring of historic natural-technogenic objects]. *Sb. k 80-letiju kafedry inzhenerno-geologii MGRI-RGGRU* [Collection of articles to the 80<sup>th</sup> anniversary of engineering geological department MGRI-RGGRU]. Sergiev Posad, Patriarchal publishing and printing center. 2013, pp. 56–62. (in Russian).
5. Zabotkina, L.V. *Osobennosti organizatsii monitoringa lokal'nykh istoricheskikh prirodno-tekhnicheskikh sistem (IPTS)*. [Specifics in arranging monitoring of local natural historical and technical systems (NHTS)] *Sb. k 80-letiju kafedry inzhenerno-geologii MGRI-RGGRU* [Collection of articles to the 80<sup>th</sup> anniversary of engineering geological department MGRI-RGGRU]. Sergiev Posad, Patriarchal publishing and printing center. 2013, pp.135–140. (in Russian).
6. Kizeval'ter, D.S., Raskatov, G.I., Ryzhova, A.A. *Geomorfologiya i chetvertichnaya geologiya* [Geomorphology and quaternary geology]. Moscow, Nedra, 1981, 215 p. (in Russian).
7. Pashkin, E.M. *Inzhenerno-geologicheskaya diagnostika deformatsii pamyatnikov arkhitektury* [Engineering geological identification of monuments' deformation]. Moscow, Vysshaya shkola, 2013, 333 p. (in Russian).
8. Pashkin, E.M., Kuvshinnikov, V.M., Ponomarev, V.V., et al. *Metodologicheskie osnovy inzhenerno-geologicheskogo izucheniya sostoyaniya pamyatnikov arkhitektury* [Methodological bases of engineering geological study of the status of architectural monuments]. *Geologia i razvedka*, 2002, no. 5, pp. 84–95 (in Russian).

9. Pendin, V.V. *Kompleksnyi kolichestvennyi analiz informatsii v inzhenernoi geologii*. [A comprehensive quantitative analysis of the information in engineering geology]. Moscow, KDU, 2009, 350 p. (in Russian).
10. Pendin, V.V., Zabolotkina, L.V., Podborskaya, V.O. *Predlozheniya po klassifikatsii istoricheskikh prirodno-tekhnicheskikh sistem* [Proposals for the classification of historic natural-technogenic systems]. *Geologiya i razvedka*, 2012, no. 3, pp.56–62 (in Russian).
11. *SP 11-105-97. Inzhenerno-geologicheskie izyskaniya dlya stroitel'stva. Chast'. I. Obshchie pravila proizvodstva rabot*. [Engineering and geological survey for construction. Part. I. General rules of work.] 1998 (in Russian).

## MONITORING SYSTEMS FOR LOCAL HISTORICAL NATURAL-TECHNOGENIC SYSTEMS (HNTS) AS THE BASIS FOR MEASURES ON LONG-TERM PRESERVATION OF CULTURAL OBJECTS

V. V. Pendin, L. V. Zabolotkina, V. O. Podborskaya, V. V. Nevecherya

*Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University (MGRI-RGGRU),  
ul. Miklukho-Maklaya 23, Moscow, 117997 Russia. E-mail: dkig@yandex.ru*

The article considers the cases of arrangement of monitoring systems for the local historical natural-technogenic systems (HNTS) on different classification levels. The authors propose a scheme for local HNTSs classification. The purpose of this classification is to bring disparate data on different HNTSs into a single interconnected system based on common principal features. The authors suggest five hierarchical levels of local HNTSs.

The general approach to protected complexes based on the HNTS theory allowed the creation of a monitoring system that takes into account the specific nature of each HNTS. The main purpose of monitoring is to predict emergencies in the monitored system in order to either prevent or localize them. The experience in this kind of work allows us to distinguish the following main stages in monitoring arrangement. The first stage is the assessment of current status of all subsystems and HNTS components and the retrospective analysis of occurred changes, i.e., diagnostics of HNTS operation. The second stage involves compilation of a monitoring program, which defines the basic components to be observed and the observation network, substantiates the selected methods and techniques for observation, and establishes the observation performance order as well as the forms of report. The third stage implies the installation of observation point network and observation implementation; and finally, the fourth stage includes the analysis of results, elaboration of the adjusted forecast, development of control measures based on the revealed threshold values of HNTS stability, and, if necessary, adjustment of operating networks and monitoring regulations.

Local HNTSs grouped in accordance with their main protected components, require different methods of monitoring organization because of extensive HNTS dimensions, a great variety of objects of different age, purpose, and preservation degree, as well as the presence of equally valuable protected objects, i.e., architectural buildings, historic landscapes, or the cultural layers.

The necessity for the development of a complex of protective measures is proved by the examples of local HNTS monitoring systems in Borodino Battlefield, Old Ryazan city, and Rostov Kremlin.

**Keywords:** *monitoring, historical natural-technogenic system (HNTS), scope of cooperation, geological environment, architectural monument.*