

АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КМА: ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ, СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

А.Н. Петин

*Белгородский
государственный
университет*

*Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85.*

e-mail: Petin@bsu.edu.ru

В статье рассмотрены общие методологические и организационно-технические проблемы создания аэрокосмического мониторинга состояния геологической среды на активно разрабатываемых железорудных месторождениях КМА. Выявлены основные факторы, определяющие содержание и структуру ведения аэрокосмического мониторинга.

Ключевые слова: аэрокосмический мониторинг, месторождения твердых полезных ископаемых, материалы дистанционного зондирования, природно-технические системы, экзогенные геологические процессы.

Мониторинг месторождений твердых полезных ископаемых (ММТПИ) является подсистемой Государственный мониторинга состояния недр или геологической среды (ГМСН). Система ГМСН создается с целью информационного обеспечения управления государственным фондом недр. Функционально она представляет собой систему регулярных наблюдений, сбора, накопления, обработки и анализа информации, оценки состояния геологической среды и прогноза ее изменений под влиянием естественных природных факторов, недропользования и антропогенной деятельности горнопромышленных районов. В свою очередь, ГМСН является подсистемой Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ) [7, 8, 9].

Эффективность мониторинга МТПИ может быть существенно повышена внедрением новейших ГИС-технологий с использованием средств, методов и материалов дистанционного зондирования Земли [15].

Не вдаваясь в подробности общих физических основ методов аэрокосмического зондирования и их возможностей, что достаточно обстоятельно изложено в специальной литературе [1, 2, 3, 5], сосредоточим внимание на структуре и задачах аэрокосмического мониторинга проводимого на железорудных месторождениях КМА.

Материалы дистанционного зондирования (МДЗ), охватывая природно-хозяйственные системы нескольких таксономических рангов, объективно отражают состояние недр, геоэкологическую ситуацию во времени и пространстве и являются незаменимой основой для ведения мониторинга. Без ретроспективного анализа МЗД разных видов невозможно оценить тенденции и динамику изменения геологической среды (ГС), составить достоверный прогноз развития ГС, в том числе проявления опасных геологических природных и техногенных процессов, выделить зоны влияния на окружающую среду [10, 11, 12].

Систематическое использование МДЗ и новейших ГИС-технологий при мониторинге железорудных месторождений КМА является той основой, которая позволит:

- обеспечить достоверную и полную информацию для оценки состояния, изменения и прогноза изменений геологической среды и других природных и техногенных компонентов окружающей среды;
- обеспечить формирование и систематическое пополнение информационных ресурсов мониторинга железорудных месторождений полезных ископаемых, в том числе и иерархических уровней мониторинга;
- обеспечить взаимодействие с другими Государственными системами и подсистемами мониторинга в области охраны природных ресурсов и окружающей среды.

В то же время осуществляемые в настоящее время наземные методы мониторинга ГС по опорным стационарным участкам и пунктам не удовлетворяют современным требованиям к системности наблюдений, контроля и управления, не обеспечивают уровни обобщения – региональный и федеральный. Кроме того, сложность экономической си-



туации привела к существенному сокращению наблюдательной сети и стационарных наблюдений, что снизило информативность мониторинга.

Аэрокосмический мониторинг железорудных месторождений полезных ископаемых, являясь подсистемой ГМСН локального (объектного) уровня, осуществляется согласно "Требованиям к мониторингу месторождений твердых полезных ископаемых" [16], согласованных с Госгортехнадзором России. Мониторинг МТПИ включает регулярные наблюдения, сбор, накопление и ведение баз данных, обработку и анализ информации о пространственно-временных изменениях состояния объектов горнодобывающего комплекса (ГДК), геологической среды и других компонентов окружающей среды в зоне влияния ГДК, их оценку, контроль и прогноз.

Целью ведения мониторинга месторождений твердых полезных ископаемых (МТПИ) является информационное обеспечение органов управления государственным фондом недр и недропользователей при геологическом и геоэкологическом изучении территории месторождения, на разработку которой получена лицензия по пользованию недрами.

Основными задачами системы мониторинга месторождения твердых полезных ископаемых являются:

1. Оценка текущего состояния геологической среды на месторождении, включая зону существенного влияния его эксплуатации, а также связанных с ним других компонентов окружающей природной среды, и соответствия этого состояния требованиям нормативов, стандартов и условий лицензии на пользование недрами при геологическом изучении недр и добыче полезного ископаемого.

2. Составление текущих, оперативных и долгосрочных прогнозов изменения состояния геологической среды на месторождении и в зоне существенного влияния его отработки.

3. Экономическая оценка ущерба с определением затрат на предупреждение отрицательного воздействия разработки месторождения на окружающую среду (на осуществление природоохранных мероприятий и компенсационных выплат).

4. Разработка мероприятий по рационализации: способов добычи полезного ископаемого (ПИ), предотвращению аварийных ситуаций и ослаблению негативных последствий разработки ПИ на массивы горных пород, подземные воды, связанные с ними физические поля, геологические процессы и на другие компоненты окружающей среды – поверхностные воды, приземные слои атмосферы, почвенный покров, растительность.

5. Предоставление органам Госгортехнадзора России и другим государственным органам власти информации о состоянии ГС и других компонентов окружающей среды на месторождении полезного ископаемого и в зоне существенного влияния его отработки.

6. Предоставление территориальным органам управления государственным фондам недр данных мониторинга месторождения твердых полезных ископаемых для включения в базу данных государственного мониторинга состояния недр.

7. Контроль и оценка эффективности мероприятий по рациональному способу добычи полезных ископаемых, обеспечивающему полноту выемки полезных ископаемых и сокращение нерациональных потерь, при минимизации влияния на окружающую среду.

Конкретные задачи мониторинга могут уточняться условиями лицензий на пользование недрами и геологическими заданиями на выполнение работ.

Горнодобывающее предприятие действует в конкретных природных условиях и связано потоками вещества, энергии и информации с природными системами. Оно, как техническая система, включает в себя машины и механизмы, материалы, коммуникации, техногенные источники энергии и информации. В процессе своей деятельности техническая система взаимодействует с природными геосистемами: горными массивами и рудными телами, водоносными горизонтами и поверхностными водоемами и водотоками, почвами, растительностью, приземным слоем атмосферы и естественными источниками энергии образуют единое целое – геотехническую систему [4]. Поэтому ММТПИ, помимо мониторинга геологической среды, может включать в себя мониторинг поверхностных водных объектов, атмосферы, почв, растительности.

При ведении мониторинга МТПИ необходимо различать **виды и источники техногенного воздействия** на геологическую среду. Одни связаны непосредственно с разработкой железорудного месторождения, а другие, с сопутствующими добыче пред-



приятными – хранением, транспортировкой, переработкой полезных ископаемых и вскрышных пород, а также сбросом и утилизацией подземных вод, извлекаемых при осушении месторождения. Оба вида источников воздействия совокупно воздействуют не только на геологическую среду, но и на другие компоненты окружающей среды – поверхностные воды, приземные слои атмосферы, почвы, растительность (табл. 1).

Таблица 1

Изменение геологической среды при разработке месторождений твердых полезных ископаемых, изучаемые с использованием МДЗ

№ п/п	Изменения геологической среды	
	первичные	изучаемые с использованием МДЗ
Открытые и подземные разработки		
1	Разработка карьеров	Создание отрицательных форм рельефа. Выведение на поверхность новых геологических отложений
2	Изменение напряженного состояния массива горных пород в результате добычи полезного ископаемого, в том числе взрывных работ. Изменение физико-механических свойств пород	Развитие деформаций в массиве горных пород и на земной поверхности, деформация горных пород и грунтов в прибортовой и приборочной частях карьеров, раскрытие трещиноватости и образование вторичных трещин, активизация ЭГП, сдвигание пород над отработанным пространством, образование мульд оседания
3	Нарушение статического положения горных пород	Активизация природных и возникновение техногенных экзогенных геологических процессов на прилегающей территории
4	Активизация эндогенных процессов	Техногенные землетрясения, горные удары
5	Вторичная консолидация пород – их уплотнение в процессе водопонижения и осушения	Оседание земной поверхности
6	Увеличение градиента фильтрации потока, интенсификация растворения карбонатных пород и выноса рыхлого заполнения открытых полостей	Активизация или возникновение карстово-суффозионных процессов
7	Разгрузка напряжений при сработке массива вышележащих горных пород и в результате набухания при увлажнении	Выпор (деформация) почвы или днища горных выработок
Изятие подземных вод водопонижительными сооружениями		
8	Нарушение режима подземных вод	Понижение уровня подземных вод. Образование депрессионной воронки. Активизация экзогенных геологических процессов – карт, суффозия
9	Закачка изъятых подземных вод в более глубокие водоносные горизонты	Изменение гидрохимических особенностей подземных вод
Отвалы		
10	Создание отвалов	Формирование новых геологических тел – положительных форм рельефа. Выведение на поверхность новых геологических отложений с новым набором химических элементов
11	Деформация поверхности отвалов и их бортов – фильтрация атмосферных вод, растворение карбонатных пород и вынос рыхлых пород	Развитие экзогенных геологических процессов по бортам и на поверхности отвалов; эрозия, суффозия, карст, заболачивание, дефляция
12	Формирование новых гидрогеологических горизонтов	Разгрузка загрязненных вод из тел отвалов – линейная и локальная
Гидроотвалы, шламохранилища (ГО, ШХ)		
13	Создание ГО и ШХ	"Нивелировка" рельефа. Формирование новых геологических отложений
14	Фильтрация вод, донная и боковая, из гидроотвалов шламохранилищ, прудов-отстойников	Изменение гидрогеохимических особенностей подземных вод. Изменение режима и баланса подземных вод в зоне влияния гидроотвалов и шламохранилищ



Влияние горнодобывающего комплекса простирается часто далеко за пределы горного отвода (табл. 2). По данным ряда исследователей и нашим наблюдениям площадь воздействия может в несколько раз превышать площадь разработок [10, 14].

Таблица 2

Влияние разработок твердых полезных ископаемых на окружающую среду, изучаемых с использованием МДЗ

№ п/п	Виды воздействия	Изменения окружающей среды, изучаемые с использованием МДЗ
1	2	3
I. На гидрологические условия		
1	Сокращение естественной разгрузки подземных вод в реки за счет водопонижения при осушении горных выработок	Уменьшение или прекращение стока рек
2	Сброс карьерных или шахтных вод	Увеличение стока рек
II. На гидрогеологические условия		
3	Изменение уровня грунтовых вод первого от поверхности водоносного горизонта, понижение УГВ	Оседание поверхности земли; изменение гидрографической сети, активизация ЭГП
4	Сдренирование нижележащих водоносных горизонтов в зоне водопонижения при добыче	Переосушение почво-грунтов; угнетение или гибель растительности; осушение болот; активизация ЭГП
5	Повышение УГВ при сбросах дренажных вод, разгрузка вод из отвалов на поверхность	Переувлажнение почво-грунтов; заболачивание территории Изменение химического состава и минерализации подземных вод
6	В связи с созданием Оскольского водохранилища	Увеличение водопритока в карьеры
III. На атмосферный воздух, почвы, растительность		
7	Взрывы в карьере Газопылевые выбросы дымовых шлейфов ГО-Ков и других перерабатывающих производств	Распространение пыли, аэрозолей, газов – загрязнение химическими элементами окружающей среды
8	Дефляция пород отвалов и гидроотвалов, шлама с поверхности шламохранилищ	Распространение с пылевым загрязнением новых химических элементов в почве, растительности в приземных слоях атмосферы
IV. На поверхностные воды		
9	<i>Карьеров и шахт</i> Сброс карьерных и шахтных вод в реки и водоемы	Загрязнение рек и водоемов минеральными веществами и химическими элементами
10	<i>Шламохранилищ и гидроотвалов</i> Фильтрация через плотины	
11	<i>Отвалов</i> Разгрузки загрязненных подземных вод из отвалов в реки и водоемы на поверхность	
12	<i>Сопутствующих производств</i> Сброс сточных вод	

Основными факторами, определяющими содержание и структуру

ведения мониторинга МТПИ является:

- сложность геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических условий месторождения;
- особенности условий освоения месторождения (система отработки месторождения и система защиты горных выработок от подземных вод);
- масштабы и типы освоения (объемы извлечения полезного ископаемого, вскрышных пород и подземных вод, скорость ведения горных работ и их развитие по площади и глубине);
- характер формирования техногенных ландшафтов, в том числе отвалов, гидроотвалов, шламохранилищ;
- геохимические особенности вновь образованных геологических тел;



- физико-географические условия территории расположения месторождения ТПИ, являющиеся одним из условий скорости протекания физико-химических процессов;
- характер и интенсивность влияния разработок МТПИ на окружающую среду: развитие экзогенных геологических процессов, изменение режима и гидрохимии подземных вод, загрязнение поверхностных вод и донных осадков, почв, растительности, приземных слоев атмосферного воздуха;
- наличие водозаборов подземных вод в пределах площади влияния осушения месторождения ТПИ;
- наличие сооружений по хранению, переработке и транспортировке ПИ и отходов горнодобывающего производства;
- необходимость проведения специальных мероприятий по инженерной защите от опасных геологических процессов;
- формирование зон разной степени влияния объектов горнодобывающего комплекса на окружающую среду.

Целесообразно при организации ММТПИ выделить 3 зоны влияния: зона I – зона непосредственного влияния на изменение состояния недр в пределах горного отвода; зона II – зона существенного влияния разработки месторождения на различные компоненты геологической среды; зона III – периферийная зона, примыкающая к зоне II. Зона III может быть территорией фонового мониторинга. В иных случаях при очень сильных влияниях ГДК и большой по площади зоне влияния следует выделить четыре зоны – где периферийная и фоновая разделяются.

К основным геологическим факторам, влияющим на характер проявления процессов изменений состояния геологической среды на разрабатываемых месторождениях твердых полезных ископаемых и определяющим содержание и структуру ведения мониторинга МТПИ относятся:

Собственно геологические: характер залегания горных пород, степень изменчивости их состава и свойств; особенности неотектонического строения, наличие трещиноватости и закарстованности; наличие в пределах площади разработки месторождений ПИ легко деформируемых массивов горных пород, предрасположенных к развитию экзогенных геологических процессов; глубина и характер залегания полезных ископаемых.

Гидрогеологические: характер залегания и условия распространения водоносных горизонтов, изменчивость мощностей и фильтрационных свойств водовмещающих пород, величина водопритоков в горные выработки, наличие или отсутствие постоянно действующего источника воды в горные выработки: река, обводненный высокопроницаемый водоносный горизонт, перекрывающий разрабатываемое ПИ, а также сложность гидрохимической обстановки, наличие высокоминерализованных и газированных подземных вод, участвующих в обводнении месторождения.

Инженерно-геологические: характер изменчивости физико-механических и водно-физических свойств горных пород, определяющих устойчивость бортов карьеров и подземных горных выработок, активизацию и возникновение экзогенных геологических процессов.

Все перечисленные выше факторы являются определяющими также при формировании наблюдательной сети.

Указанные факторы, определяющие структуру и содержание ММТПИ и влияющие на характер изменений геологической среды, являются также основными при выборе МДЗ для проведения мониторинга МТПИ дистанционными методами.

Выполненные нами исследования [10,11, 14] в пределах Старооскольско-Губкинского горнопромышленного узла с помощью материалов дистанционного зондирования (МДЗ) позволил сделать следующие выводы:

- наиболее отчетливо на МЗД фиксируются изменения инфраструктуры горнодобывающих комплексов, перемещенных масс горных пород, рельефа и других техногенных объектов;
- на космических снимках (КС) выявляются существенные изменения гидрогеологических условий регионального и локального уровней, характер, границы и тенденции этих изменений;
- космические снимки позволяют получить информацию о тенденциях развития широкого спектра экзогенных геологических процессов, их площадного характера распространения;



- МЗД позволяют выделить загрязнение окружающей среды от объектов ГДК и других техногенных источников: ореолы пылевого загрязнения снегового покрова, участки поражения лесной растительности, места сброса загрязненных вод в поверхностные водные источники, дымовые шлейфы, свидетельствующие о загрязнении атмосферного воздуха; - на космических снимках отчетливо фиксируются основные площади нарушенных земель. Быстрое нарастание площадей нарушенных земель и техногенных ландшафтов в горнопромышленных районах делает приоритетной проблему организации постоянно действующего аэрокосмического мониторинга.

Список литературы

1. Аэрометоды при геологической съемке и поисках полезных ископаемых. Региональные очерки / Под ред. Г. Ф. Лунгергаузена. М.: Недра, 1964. – 134 с.
2. Гарбук С.В., Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли – М.: Издательство А и Б, 1997. – 296 с.
3. Гудилин, И.С., Комаров И.С. Применение аэрометодов при инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях. – М.: Недра, 1978. – 319 с.
4. Емлин Э.Ф. Геодинамические процессы на активно разрабатываемых колчеданных месторождений Урала. – Свердловск: Изд-во НТО горное, 1984. – 73 с.
5. Зеркаль О.В., Маркарян В.В., Комаров А.В. и др. Мониторинг экзогенных геологических процессов в составе системы государственного мониторинга состояния недр Российской Федерации (ГМСН России) // Тезисы Всероссийского съезда геологов и научно-практической конференции: Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI века. – СПб., 2000. – С. 151.
6. Карпузов А.Ф., Перцов А.В., Кирсанов А.А. и др. Некоторые проблемы и тенденции развития космоаэрогеологических исследований в России в XXI веке // Тез. Всероссийск. съезда геологов и науч.-практ. конф.: Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI века. – СПб, 2000. – С. 156-161.
7. Кирсанов А.А. Концептуальные положения использования данных дистанционного зондирования при ведении мониторинга экзогенных геологических процессов // Тез. Всероссийск. съезда геологов и науч.-практ. конф.: Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI века. – СПб., 2000. – С. 162-163.
8. Королев В.А. Мониторинг геологической среды – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 210 с.
9. Кочетков М.В., Перепада С.В., Комаров А.В. и др. Система Государственного мониторинга состояния недр // Тез. Всероссийск. съезда геологов и науч.-практ. конф.: Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI века. – СПб, 2000. – С.1160-161.
10. Петин А.Н., Азаркина Н.Н., Мирнова А.В. Выявление и оценка изменений геологической среды в Старооскольско-Губкинском железорудном районе с использованием материалов дистанционного зондирования // Матер. межрегиональн. научн.-практ. конф. Актуальные географические проблемы региона. – Чебоксары, 2000. – С. 139-143.
11. Петин А.Н., Азаркина Н.Н., Мирнова А.В. Оценка трансформации геологической среды в Оскольском железорудном районе КМА на основе анализа материалов дистанционного зондирования // Белогорье: краеведческий альманах. – 2001 – № 3. –С. 68-78.
12. Петин А.Н. Ретроспективный анализ изменения площадей нарушенных земель в Старооскольско-Губкинском горнопромышленном районе КМА (по материалам дистанционного зондирования земли) // Материалы Междунар. научн. семинара: Проблемы древнего земледелия и эволюции почв в лесных и степных ландшафтах Европы. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. С. 136-140.
14. Петин А.Н. Мониторинг экзогенных геологических процессов в Белгородской области // Вісник Харківського національного університету. Сер. Геологія-географія-екологія. – 2002. – № 563. – С. 116-121.
15. Петин А.Н., Яницкий Е.Б. Геоинформационное обеспечение мониторинга экосистем горнодобывающих районов // Матеріали міжнародної науково-практичної конф.: РЕГІОН – 2006: Стратегія оптимального розвитку, Харків, 2006. – С. 24-25.
16. Основные требования к аэрокосмической информации, необходимой для мониторинга экзогенных геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических процессов в зонах интенсивного хозяйственного освоения. Методические указания. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1987.



AERO-COSMIC MONITORING OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT CONDITIONS OF THE IRON-ORE DEPOSITS OF KMA: PECULIARITIES OF STRUCTURE, COMPOSITION AND FUNCTIONING

A.N. Petin

*Belgorod State University
Pobedy Str., 85, Belgorod,
308015, Russia*

e-mail: Petin@bsu.edu.ru

The article deals with the general methodological and organizational-technical problems of creating the aero-cosmic monitoring of geological environment conditions at the actively exploited iron-ore deposits of KMA. The main factors defining the contents and structure of conducting the aero-cosmic monitoring are singled out.

Key-words: Aero-space monitoring, deposits of solid natural resources, materials of distant exploring, natural-technical systems, exogenous geological processes.