

УДК 504 (470)

ОСВОЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И ДИНАМИКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АБИОТИЧЕСКИХ СФЕР ЗЕМЛИ (на примере месторождений Подмосковного бурогоугольного бассейна)

Т.А. Барaboшкина, М.А. Харькина, А.Д. Жигалин

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Поступила в редакцию 25.06.15

Разработка и эксплуатация месторождений — необходимый фактор развития современной цивилизации. Однако зачастую данный вид экономической деятельности инициирует изменение состава компонентов экосистем и их функций вследствие активизации механического, геохимического, геофизического воздействия и их синергетического наложения. Для оптимизации ресурсного потенциала территории и анализа динамики экологических функций абиотических сфер Земли актуальна постановка междисциплинарных исследований, позволяющих оценить эффективность использования ресурсосберегающих технологий и разработать предложения по корректировке функциональной организации территории. Подобные исследования проведены на примере Подмосковного угольного бассейна.

Ключевые слова: минеральные ресурсы, экономический потенциал, экологические функции, экосистемы.

Введение

Подмосковный угольный бассейн приурочен к южному и западному крыльям Московской синеклизы. В административном плане это территории Новгородской, Тверской, Смоленской, Калужской, Тульской и Рязанской областей. Общая площадь развития угленосных отложений до глубины 200 м — 120 тыс. км². Разведано около 95 месторождений, объединенных в 22 угленосных района. Углям сопутствуют огнеупорные глины и известняки, обрабатываемые карьерами.

История освоения Мосбаса — Подмосковного угольного бассейна насчитывает около 300 лет (Яблоков, 1967). В 1701 г. Никита Демидов получил земли в Щегловской засеке для добычи угля с целью снабжения им в Туле оружейной фабрики и чугуноплавильного завода. Однако официальной точкой отсчета считается 1722 г., когда рудознатцем — крепостным Иваном Палицыным было открыто месторождение угля у села Петрово Ряжского уезда Рязанской губернии (на р. Хупте). Систематическая добыча бурого угля началась с 1855 г. Разработка в конце 80-х гг. XX в. осуществлялась главным образом в центральных и восточных частях бассейна в Тульской (29 шахт, 4 углераза), Рязанской (2 шахты) и Калужской (3 шахты) областях. Пик добычи угля в регионе был зафиксирован в 60–70-е гг. XX в. — 35 млн т/год (Горная энциклопедия, 1989), и, соответственно, трансформация всех экологических функций абиотических сфер Земли (ЭФАСЗ) в пределах Мосбаса достигла в этот период максимума. Интенсивность освоения бурогоугольных месторождений Мосбаса и рост и спад социально-экономического разви-

тия региона шли синхронно. Важно отметить, что расширение горнодобывающей отрасли в пределах Подмосковного угольного бассейна в исторической ретроспективе инициировало рост экономической деятельности (Горная энциклопедия, 1989), синергетическим экологическим последствием которой при низком уровне природоохранных мероприятий были интенсификация миграции в компоненты экосистем загрязняющих веществ, активизация негативных экзогенных геологических процессов, вариация физических полей.

Многовековая интенсивная разработка месторождений в пределах Подмосковного угольного бассейна привела к нарушению рельефа территории. Перепад высот между днищами наиболее глубоких карьеров и наиболее высоких терриконов достигает сотен метров и приближается к 1000 м. Однако на рубеже XX и XXI вв. в период с 1993 по 2005 г. в связи со сменой экономических приоритетов началось массовое закрытие угольных шахт. В тот период из 22 ликвидированных шахт в Тульской области только восемь было закрыто по причине отработки основных запасов, а 14 — как убыточные предприятия. В восьми шахтах использовались традиционные методы: осуществлялись обрушение, закладка, заиливание и засыпка горных выработок. Горизонтальные выработки (в 14 шахтах) ликвидировались вследствие прекращения работы водопонижающих скважин и подземных водоотливов, т.е. путем самозатопления, а выработки главных направлений в пределах охранных целиков закладывались горной породой (Государственный..., 2013; Потапенко, 2012).

Для оценки современных тенденций в изменении экологических функций абиотических сфер

Земли были проведены полевые исследования в северо-восточной части Щекинского района Тульской области (рис. 1). Основная цель полевых исследований — комплексный анализ вклада эндемичных (местных) и трансгрессивных факторов, обуславливающих специфику проявления ЭФАСЗ. В полевых маршрутах осуществлялось определение гамма-фона, синхронно отбирались пробы почв, пород, растительности, воды и донных осадков, велись наблюдения за интенсивностью проявления геологических процессов, осуществлялся анализ социально-демографических показателей.

Этапы и методика исследований

Достижение поставленной цели осуществлялось в несколько этапов. На *первом этапе* был проведен анализ опубликованных и фондовых материалов и перед началом полевых работ на типовые участки были составлены рабочие картосхемы масштаба 1:50000 с использованием топографической, почвенной, геологической, радиологической карт и выполнена типизация района по особенностям строения экогеосистем.

На *втором этапе*, исходя из уровня техногенной нагрузки, оказываемой горнодобывающим комплексом и ореолов распространения радиоактивного Чернобыльского следа, был проведен выбор типовых профилей для комплексных полевых междисциплинарных исследований. Участки работ были намечены в пределах Усть-Колпинского и Липковского месторождений.

На *третьем этапе* были выполнены детальные полевые геофизические и геохимические исследования на участках, прилегающих к терриконам, расположенным вблизи ныне законсервированных шахт 11, 13, 21, 27, Васильевской шахты и в преде-

лах карьера, образованного при обработке Грызловского разреза открытым способом. В качестве контрольного участка выбран район Ясной Поляны.

Полевые исследования указанных территорий осуществлялись по единой методике, отвечающей методологии комплексных междисциплинарных исследований. Основным объектом изучения являлась система «горные породы — почвы — воды — растения». Параллельно с отбором проб грунта определялся фоновый уровень гамма-излучения с целью оценки степени радиоактивного загрязнения почвенного покрова и водных объектов в местах расположения угледобывающих предприятий. Вместе с этим изучался остаточный «чернобыльский след», с помощью радиометра СРП-97-01 определялась реальная интенсивность радиоактивного загрязнения территории. На каждой точке измерения проводились у поверхности земли и на высоте 1,5 м от поверхности. Перед измерениями снимался верхний слой почвы.

Работы осуществлялись вдоль двух профилей: основного профиля, проходящего в направлении с северо-запада на юго-восток и вспомогательного. Начало основного профиля находилось в 500 м к северо-западу от шоссе Москва — Белгород, в 6 км от поворота на г. Тула. Далее профиль проходил через Ясную Поляну, села Ломинцево, Плеханово (шахта № 11), Васильевскую шахту № 17. Вспомогательный профиль располагался в Щекинском районе и проходил от восточной окраины с. Казначеевское через шахту № 21 и шахту № 27 (Московская). Схема расположения профилей показана на рис. 1.

Измерения и опробование компонентов экогеосистем вдоль профиля протяженностью 20 км проводились с шагом 500 м, в местах с высокими

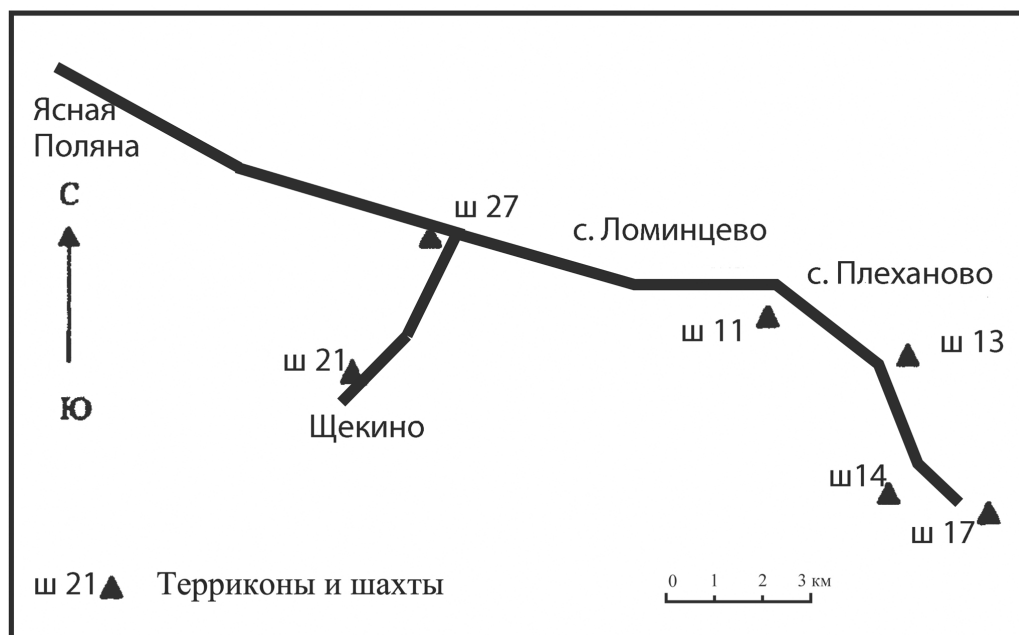


Рис. 1. Схема расположения профилей в Тульской области

Пространственная приуроченность водозаборов к шахтным полям и состояние гидросферы района
(Информационный бюллетень..., 2012; Потапенко, 2012)

1 группа	2 группа
Шахтные поля, на площади которых эксплуатировали водопонижающие скважины	
вблизи месторождений подземных вод (с утвержденными запасами и водозаборами для хозяйственно-питьевого назначения)	откачивающие воды, по качеству отвечающие требованиям СанПиН — для питьевого водоснабжения ¹
а) шахта «Западная» — вблизи Вроснянского, Воздремковского и Головеньковского водозаборов (для г. Щекино и АО «Щекиназот»); б) шахта «Дубовская», «Майская», «Смородинская», «Росошинская» — вблизи расположены водозаборы: Росошинский, Любовский и Люторический (для г. Узловая; водозаборы АО «Кран», поселков Майский, Бруснянский и Дубовка); с) шахта «Владимирская», вблизи Оленьковского и Липковского водозаборов (для городов Киреевск и Липки)	шахты «Бельковская», «Сеченская», «Приупская», «Васильевская», «Комсомольская», «Липковская»

Примечания: 1) в случае расположении артезианских скважин ниже шахтного поля (относительно направления потока подземных вод в естественных условиях) после прекращения работы водопонижающих скважин, как правило, имеет место по направлению потока загрязнение подземных вод; 2) при расположении артезианских скважин выше шахтного поля (относительно направления движения подземных вод в естественных условиях) после прекращения работы водопонижающих скважин и восстановления уровней воды до исходных величин, воздействие загрязненных шахтных вод на водозабор хозяйственно-питьевых вод маловероятно или незначительно (Потапенко, 2012).

значениями мощности экспозиционной дозы гамма-излучения (например, в окрестностях с. Ломинцево), съемка выполнена более детально. Также с более частым шагом съемка осуществлялась в местах расположения шахт. Если позволяли условия местности, измерения велись также и поперек направления основного профиля на расстоянии 25 м от него в обе стороны. Вблизи шахт замеры проводились и на терриконах, на участках с крупнозернистым и мелкодисперсным шлаком с целью определения вариации мощности дозы гамма-излучения на конусах выноса, а также у водоемов. Измерения были проведены на семи шахтах, пять из которых (27, 11, 13, 14 и 17) располагались на основном профиле и две шахты (21 и 27) — на дополнительном.

Динамика ресурсов гидросферы и педосферы

В центральной части Подмосковного угольного бассейна водоснабжение населения осуществляется в основном за счет подземных вод. Пространственная приуроченность водозаборов к шахтным полям в схематичной форме отражена в таблице. Согласно опубликованным данным (Информационный бюллетень..., 2012), в Тульском промышленном районе изменение качества подземных вод наглядно прослеживается на примере Воздремковского водозабора (Воздремковское месторождение), на котором в 1990-х гг. наблюдалось устойчивое ухудшение качества воды упинского водоносного горизонта вследствие подтягивания загрязненных вод со стороны шахты «Западная». В результате этого, а также вследствие частичного осушения упинского гори-

зонта южная часть Воздремковского водозабора была закрыта, а для обеспечения потребности в воде водозаборный ряд был продлен на север. В последние годы на Воздремковском месторождении в подземных водах упинского горизонта наступило гидродинамическое и гидрохимическое равновесие, произошла стабилизация уровней и качественного состава воды.

После закрытия шахт в 1995 г. произошло затухание окислительно-восстановительных процессов в шахтных выработках, так как в результате прекращения откачки подземных вод восстанавливаются уровни водоносных горизонтов выше отметок залегания угольного пласта, что приводит к естественному затоплению горных выработок.

Многолетние наблюдения ЗАО «Центрэкoмoнитoринг» показали, что уровни подземных вод во всех водоносных горизонтах восстановились до статического, несмотря на переоборудование части водопонижающих скважин в артезианские, а также бурение новых артезианских скважин на шахтах «Западная», «Дубовская» и «Комсомольская» для водоснабжения населения городов Щекино и Узловая (Информационный бюллетень..., 2012; Потапенко, 2012).

Занятые терриконами площади выпадают из сельскохозяйственных сфер экономической деятельности. Только в Тульском регионе потери пахотных угодий достигают порядка десяти тысяч гектаров. В проекте ликвидации ДОО «Тульское» предусматривалась рекультивация земель на площади более 1460 га, в том числе по шахтам около 780 га, а по разрезам (Ушаковскому, Богородицкому, Кимовскому и Грызловскому) — более 580 га.

¹ Запасы этих вод не утверждены, но могут быть использованы в целях восполнения ресурсов хозяйственно-питьевых вод в шахтерских населенных пунктах, расположенных поблизости.

Однако по факту площадь восстановленных земель составила лишь около 170 га. Как правило, преимущественно ведется техническая рекультивация путем засыпки выработанного пространства вскрышными породами. Снятые (по проекту разработки) плодородные слои почв остаются невостребованными на складах «временного» хранения, достигая в настоящее время более 3 млн м³ гумусового слоя почв. В проектных объемах озеленение породных отвалов выполнено только на шахтах «Львовская», «Бородинская-13» и «Комсомольская»; на некоторых шахтах работы проведены частично, а на ряде шахт и на трех разрезах к работам по рекультивации земель не приступали.

Роль геодинамических факторов в трансформации экологических функций абиотических сфер Земли

Расчлененность рельефа в пределах Подмосковского угольного бассейна, избыточная обводненность территории провоцируют развитие склоновых процессов: оползней, обвалов, оплывин, селей и др., обусловленных действием гравитационных сил (Барабошкина и др., 2004а, 2013; Трофимов и др., 2005) (рис. 2).

В районе развития депрессионных воронок на территории Подмосковского угольного бассейна сохраняется тенденция подъема уровней в наблюдательных скважинах. Динамика уровней в мезозойском, окском и тульском водоносных горизонтах составляет 0,3–0,5 м; в упинском — 0,1–0,4 м (Информационный бюллетень..., 2012; Потапенко, 2012). Основные тенденции взаимосвязи динамики подземных вод и качества водных ресурсов показаны выше в таблице.

Вторым важным аспектом региональной проблемы являются различные типы трансформации рельефа. При разработке с сохранением целиков угля на дневной поверхности возникают чередующиеся понижения и выступы. Часть таких отрицательных техногенных форм рельефа заболочена и затоплена, что негативно отражается на растительности: на смену первичным растительным сообществам приходят гидрофиты. Такие земли даже при доминировании черноземов стали малопродуктивными для сельскохозяйственных целей и выведены из оборота. В пределах шахтных полей, отработанных по бесцеликовой технологии, проседание поверхности малозаметно в рельефе и территория пригодна для сельскохозяйственной деятельности.

Согласно данным ЗАО «Центрэкомониторинг», осуществляющего с 2001 г. комплексный экологический мониторинг последствий закрытия угольных шахт в Тульской области (Потапенко, 2012), было выявлено 178 провалов земной поверхности в виде воронок диаметром 7–20 м и глубиной 2–4 м. Причем наблюдалась интенсификация процесса во времени. Так, за первые 5 лет наблюдений в год фиксировалось формирование 5–10 провалов, а в последующие годы ежегодно — 15–21. Была осуществлена засыпка 117 провалов объемом 32 200 м³. Сейчас на шахтных полях имеется 75 воронок объемом около 10 000 м³, представляющих потенциальную опасность для населения и животных. Важно подчеркнуть, что на участках шахтного поля, где осуществлялась закладка породой горных выработок, провалов земной поверхности не зафиксировано. На трех из пяти шахт, где погашение выработок производилось путем извлечения крепи и



Рис. 2. Центральная часть Грызловского карьера (фото Т.А. Барабошкиной)

обрушения кровли, шло формирование провалов над выработками под склонами оврагов, ручьев и рек. Над семью из 14 шахт, ликвидированных методом затопления, сформировались провалы земной поверхности. Все горные выработки, имеющие выход на поверхность, были засыпаны породой, и их устья были перекрыты железобетонными плитами. В настоящее время на 13 шахтах они вскрыты до глубины 10–30 м и расчищены от закладочного материала с целью извлечения металлоконструкций (чаще всего не санкционированного) (Потапенко, 2012).

Вклад геохимических и гидрогеохимических факторов в трансформацию экологических функций абиотических сфер района

Современные терриконы подвержены активному воздействию ветровой эрозии, так как поверхностная корка отвалов легко разрушается вследствие регулярных температурных колебаний и воздействия атмосферных осадков. При поверхностном стоке в процессе водной эрозии со склонов терриконов идет смыв и формируется пульпа с аномальными концентрациями токсичных веществ, которые беспрепятственно из-за отсутствия перехватывающих нагорных канав мигрируют на прилегающие территории. Синергетическим эффектом ветровой и водной эрозии, по опубликованному данным, является загрязнение порядка 2970 га плодородных земель. Образующиеся растворы серной кислоты меняют кислотно-щелочной баланс почв и поверхностных вод, имеющих сток в реки бассейна р. Оки (Барабошкина и др., 2012; Мазур, 1997; Потапенко, 2012; Трофимов и др., 2005; Экологическая геология..., 2015).

Восстановление уровней и естественного направления движения подземных вод сопровождается подтягиванием загрязненных вод к действующим водозаборам. Анализ качества воды, взятой из гидронаблюдательных скважин, показывает, что загрязнению шахтными водами подвержены воды упинского водоносного горизонта. Главными загрязняющими компонентами являются сульфаты, железо, тяжелые металлы, продукты разложения остатков древесины и других материалов, оставленных в горных выработках. Содержание железа в отобранных пробах воды превышает ПДК в 10–20 раз, сухой остаток в 1,2–2 раза, общая жесткость в 2–3 раза. В последние три года наблюдается тенденция к стабилизации показателей качества подземных вод в районах ликвидированных шахт (Информационный бюллетень..., 2012; Потапенко, 2012).

Основной объем сбрасываемых загрязненных сточных вод в водные объекты области на данный момент приходится на ОАО «Тулагорводоканал», ОАО «НАК «Азот» и ОАО «Ефремовский завод синтетического каучука», суммарная доля которых составляет около 70% всех загрязненных сточных вод (Государственный доклад..., 2013).

Таким образом, на примере Мосбаса можно четко проследить динамику георесурсного потенциала различных компонентов абиотических сфер Земли в зависимости от природных особенностей и социально-экономических процессов, характерных для данного этапа развития территорий (Baraboshkina, 2003; Baraboshkina, Kuznetsova, 2014; Trofimov et al., 2006).

Диагностика уровня трансформации компонентов абиотических сфер Земли (на примере типового профиля)

Проведенные нами исследования по описанному в методике профилю (рис. 1) в значительной мере близки к вышеизложенным тенденциям, выявленным на региональном уровне.

Как уже подчеркивалось выше, наличие в регионе энергетических ресурсов в начале XIX в. — экономический фактор развития в регионе стратегически важных для России видов экономической деятельности, соответствующих различным эпохам становления и развития государства. Не исключение и современный этап развития страны. На урбанизированных территориях, расположенных вблизи профиля, сосредоточены крупные химические предприятия — АО «Щекиноазот» и ОАО «Химволокно», предприятия теплотехники (Первомайская ТЭЦ и Щекинская ГРЭС), горнодобывающей промышленности, металлургии, строительных материалов, легкой и пищевой промышленности, а также агропромышленные комплексы (Барабошкина и др., 2004б; Государственный доклад..., 2013).

Учитывая, что горнодобывающая отрасль в регионе существенно минимизировала свой потенциал в последнюю четверть века, на момент проведения полевых исследований мы констатировали преимущественно остаточный след от ее накопленного экологического ущерба (Барабошкина и др., 2004а, б; Мазур, 1997; Трофимов и др..., 2005). На современном этапе значительное давление на абиотические сферы Земли района и трансформация их функций идут и от смежных видов экономической деятельности предприятий г. Тулы, Ленинского, Киреевского, Новомосковского, Узловского и Богородицкого районов области. Сильный прессинг оказывают и выбросы, поступающие на прилегающие территории от автомагистралей Тула — Щекино, Москва — Симферополь, характеризующихся интенсивным движением транспорта.

Комплексный анализ полученных данных показал, что из элементов 1–3 класса опасности приоритетными загрязнителями почв в пределах изученной территории являются свинец, ванадий и марганец. Причем если аномалии с высоким содержанием ванадия и марганца имеют очаговое распространение вблизи шахты № 14, то для свинца характерно практически повсеместное содержание на уровне 30–32 мг/кг с закономерным увеличением концентрации вблизи автотрасс межрайонного зна-

чения и железнодорожного полотна. Максимальные количества этого загрязнителя фиксируются на полотне дорог, отсыпанных из обожженных углевмещающих пород, и в районе компактного расположения терриконов в юго-восточной части профиля (шахты 13 и 14), где содержание свинца в техногенных массивах имеет коэффициент превышения концентрации относительно ПДК более 50 (Барабоскина и др., 2013).

На дополнительном профиле, пройденном от шахты № 21 (вблизи с. Казначеевское) до шахты № 27 (Мостовская), общая картина распределения тяжелых металлов аналогична вышеописанной. Наблюдается закономерное снижение концентраций свинца в почвах до фонового уровня в среднем в радиусе 1 км от терриконов. Для терриконов шахты № 27 характерен более высокий уровень накопления тяжелых металлов. Так, для свинца коэффициент превышения концентрации относительно ПДК (К_{пдк}) в среднем составляет 2, а для шахты № 21 $K_{пдк} = 0,6$. Значительные вариации химического состава техногенных грунтов обусловлены, в первую очередь, составом углей и углевмещающих пород.

В результате работы были выявлены следующие закономерности в характеристике загрязняющих веществ в северо-восточной части Шекинского района: основными загрязнителями почв являются Zn, Ni, Pb, Zr, Ba, Ti и P. По содержанию в травянистой растительности преобладают Cr, Cu и Ni. В листьях деревьев обнаружены такие токсиканты, как Cr, Mn и Ni. Таким образом, основным элементом, концентрирующимся в почвах и растительности, является Ni. Никель и его соединения представляют серьезную опасность для здоровья людей, поэтому его перераспределение в окружающей среде в результате сжигания угля играет значимую роль в оценке эколого-геологических условий. В окружающую среду Ni попадает в основном при сжигании угля, с выбросами ТЭЦ и гальванических предприятий, которые расположены на данной территории.

В растительности же основным токсикантом является Cr. Причем его содержание значительно влияет на оценку класса состояния эколого-геологических условий. Главными источниками поступления хрома являются производственная пыль промышленных предприятий г. Тулы, химическое производство в г. Шекино, а также предприятия с. Ломинцево.

Напряженная экологическая обстановка, существующая на данной территории, отражается и на здоровье населения. По статистическим данным, основные заболевания среди взрослого населения — новообразования, поражение органов дыхания и кровообращения. Наиболее подвержены заболеваниям дети возрастом до 14 лет. В структуре заболеваемости детей ведущее место занимают болезни органов дыхания, кожи и эндокринной системы.

Отмечается ясная связь уровня детской заболеваемости с качеством атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах.

Роль геофизических факторов в трансформации абиотических компонентов района

При анализе влияния геофизических факторов важное внимание уделялось трансграничному переносу продуктов техногенной катастрофы Чернобыльской АЭС в пределах Подмосковского угольного бассейна вследствие аварии 1986 г. Наблюдаемая общая тенденция интенсивности изменения гамма-излучения и выявленная картина радиоактивного загрязнения почвенного покрова и водных объектов хорошо сопоставляются с геохимическими данными. Так, радиоактивность почвы в пределах северо-западной части основного профиля (пикеты 1–24) изменяется в диапазоне от 0,15 до 0,21 мкЗв/ч. В юго-восточном направлении мощность дозы гамма-излучения возрастает до 0,2–0,31 мкЗв/ч.

Измерения на высоте 1,5 м от поверхности земли показали, что радиоактивность изменяется в пределах от 0,14 до 0,18 мкЗв/ч, а в конце основного профиля (пикеты 35–43) возрастает до 0,2–0,25 мкЗв/ч. На дополнительном профиле радиоактивность почвы (при измерениях вблизи поверхности) и в воздухе (на высоте 1,5 м) одинакова и составляет 0,15–0,16 мкЗв/ч. Однако вблизи шахты № 27 наблюдается резкий скачок интенсивности гамма-излучения почвенного слоя до уровня 0,25 мкЗв/ч.

Высокой гамма-радиоактивностью обладают обожженные углевмещающие породы (каменноугольные известняки), отработанный уголь в виде мелкодисперсной пылеватой фракции и конусы выноса терриконов. Большие значения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения зарегистрированы на всем протяжении насыпной дамбы (отвал шлака) под полотном железнодорожной ветки, соединяющей шахту № 11 с шахтой № 13.

Таким образом, в результате проведенного обследования было установлено, что:

- интенсивность геохимического загрязнения и величина гамма-излучения обнаруживают общую тенденцию к увеличению в направлении с северо-запада на юго-восток, что, вероятно, обусловлено, в первую очередь, сменой в этом направлении типов геологической среды и возрастанием современной нагрузки со стороны массивов техногенных грунтов;

- концентрации токсикантов 1–3 класса и интенсивность гамма-излучения вблизи терриконов и дорожных насыпей, отсыпанных обожженными углевмещающими породами и шлаками из местных котельных, увеличиваются;

- величина уровня фонового гамма-излучения и основные тенденции в его изменениях позволяют констатировать, что в районе исследований имеет место положительная динамика снижения последствий Чернобыльской аварии, однако с учетом при-

родных факторов риска необходимо продолжать мониторинговые наблюдения (Качурин, Поздеев, 2012; Соколов, Свиридова, 2012; Трофимов, Жигалин, 2014; Trofimov et al., 2004);

— в настоящее время основными региональными факторами риска на территории Тульской области представляются техногенные массивы грунтов, являющиеся потенциальными источниками геохимического и радиационного загрязнения окружающей среды;

— дополнительными центрами эмиссии поллютантов на территории района являются сопредельные с горнодобывающим комплексом другие предприятия химической индустрии, несанкционированные свалки бытовых отходов;

— провалы (воронки) земной поверхности над горными выработками формируются как при их ликвидации путем извлечения крепи, так и при затоплении, поэтому актуален постоянный мониторинг для их своевременной диагностики и ликвидации.

Общие закономерности трансформации экологических функций абиотических сфер Земли под влиянием горнодобывающей деятельности

Сформулируем их в виде следующих положений:

1) изменение в пространстве и во времени экологических функций абиотических сфер Земли — закономерный процесс их развития в ходе эволюции Земли, включающий и техногенез; 2) трансформацию претерпевают все функции — и ресурсная, и геодинамическая, и геохимическая и геофизическая; 3) изменение экологических функций абиотических сфер Земли на данном этапе происходит под воздействием и природных и техногенных факторов, причем природная составляющая является пока определяющей; 4) техногенное воздействие обуславливает преимущественно локальную, реже регионально-выраженную трансформацию экологических функций абиотических сфер Земли, а частое формирование техногенных аномалий — принципиально новое явление в истории развития эколого-геологических условий территории; 5) трансформация экологических функций абиотических сфер Земли приводит как к позитивным, так и к не-

гативным изменениям их качества; в целом ряде случаев возможно их регулирование; 6) изменение приповерхностной части литосферы в районах горнодобывающей деятельности на этапе техногенеза приводит к усложнению структуры полей и их пространственного распределения.

При разработке месторождения полезных ископаемых аномалии формируются в районе его освоения, но их структура и интенсивность принципиально отличаются от природных. Изменение различных экологических функций литосферы под влиянием открытых горных разработок идет синхронно, что провоцирует изменение качества ресурса геологического пространства для различных видов хозяйственной деятельности. Техногенные изменения, происходящие в абиотических компонентах эколого-геологических систем, вызывают широкий спектр экологических последствий. Последние сводятся к ухудшению комфортности проживания, повышению заболеваемости и вынужденной миграции населения, деградации природных биоценозов, снижению качества и потере ресурса геологического пространства, истощению минерально-сырьевых ресурсов (Трофимов и др., 2005).

Однако развитие современной цивилизации невозможно без дальнейшего интенсивного расширения горнодобывающего комплекса. С учетом многовариантности экологических последствий необходим более действенный междисциплинарный экологический контроль над деструктивными формами техногенного воздействия и порождающими их причинами. Разработка программ управляемого развития горнодобывающих регионов с целью восстановления качества ресурса геологического пространства возможна только после выполнения комплекса эколого-геологических исследований, всесторонне отражающих взаимосвязи в системе «техногенно измененная литосфера — биота — человек». По совокупности собранных данных осуществляется дифференциация техногенных и природных геологических факторов экологического риска, оценивается их реальный вклад в дестабилизацию экологической ситуации, и только после этого целесообразным будет приступить к разработке сценариев оптимизации эколого-геологических условий.

ЛИТЕРАТУРА

Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д., Матюшина Е. и др. Оценка изменения геологической среды под воздействием угледобывающего комплекса // Мат-лы годичной сессии Науч. совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Т. 6. Сергеевские чтения. М.: ГЕОС, 2004а. С. 224–227.

Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д., Харькина М.А. и др. Систематика изменений экологических функций литосферы под влиянием горнодобывающей деятельности (на примере Подмосковского бурого угольного бассейна // Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде Северных регионов. Т. 1. 13–18 сентября 2004 г. Архангельск, 2004. С. 75–79.

Барабошкина Т.А., Золотарев Г., Гольнская Ф.А. Трансформация качества ресурса геологического пространства под влиянием горнодобывающей деятельности (на примере Подмосковского угольного бассейна) // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 8. С. 117–122.

Барабошкина Т.А., Соболева А.Н., Гольнская Ф.А. Эколого-геохимические особенности Подмосковского угольного бассейна // Экология и промышленность России. 2012. № 6. С. 56–59.

Горная энциклопедия: В 5 т. Т. 4. М.: Советская энциклопедия, 1989. С. 179.

Государственный доклад: «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2012 году». М.: Минприроды, 2013. С. 50–60.

Информационный бюллетень о состоянии недр. М.: Геоинформмарк, 2012. С. 30–67.

Качурин Н.М., Поздеев А.А., Стась Г.В. Выделение радона в атмосферу угольных шахт // Безопасность жизнедеятельности. 2012. № 12 (144). С. 20–23.

Мазур В.С. Экология Шекинского района Тульской области. Тула: Тульская типография, 1997. 199 с.

Потапенко В.А. Экологические последствия ликвидации угольных шахт в Тульской области // Безопасность жизнедеятельности. 2012. № 12 (144). С. 34–38.

Соколов Э.М., Свиридова Т.С. Миграция радионуклидов в почвах при радиоактивном загрязнении горнопромышленного региона // Безопасность жизнедеятельности. 2012. № 12 (144). С. 41–44.

Трофимов В.Т., Барабоскина Т.А., Жигалин А.Д. и др. Трансформация экологических функций литосферы под влиянием горнодобывающей промышленности // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2005. Т. 80, вып. 6. С. 42–55.

Трофимов В.Т., Жигалин А.Д. Трансформация геофизической экологической функции абиотических сфер Земли под влиянием техногенеза и ее последствия // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 2014. № 2. С. 44–49.

Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии (теория и практика) / Под ред. И.И. Косиновой. Воронеж: Воронежская областная типография, 2015. 576 с.

Яблоков В.С. История изучения каменноугольных отложений и углей Подмосковского бассейна (1722–1966 гг.). М.: Наука, 1967. 260 с.

Baraboshkina T. Ecological-geochemical mapping of the mining area // Mineral Exploration and Sustainable Development: Proceedings of the Seventh Biennial SGA Meeting. Vol. 1. Millpress Netherlands, Athens, Greece Millpress, Rotterdam, 2003. P. 13–15.

Baraboshkina T., Kuznetsova A. Geochemical factors of socially-economical risks in Northern Eurasia // 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO SGEM 2014. Vol. 2. Albena Resort, Bulgaria, 2014 P. 393–400.

Trofimov V., Zhigalin A., Baraboshkina T. et al. Changes in the ecological functions of the lithosphere induced by warfare // Moscow University Geology Bulletin. 2006. Vol. 61, N 5. P. 83–87.

Trofimov V., Ziling D., Baraboshkina T., Harkina M. Ecological functions of lithosphere & life // South-Russian bulletin of geology, geography and global energy. 2004. N 3 (9). P. 81–90.

DEVELOPMENT OF MINERAL RESOURCES AND DYNAMICS OF ECOLOGICAL FUNCTIONS OF ABIOTIC SPHERES OF EARTH (ON THE EXAMPLE OF FIELDS OF MOSCOW BROWN-COAL BASIN)

T.A. Baraboshkina, M.A. Kharkina, A.D. Zhigalin

Development and operation of fields are a necessary factors of development of a modern civilization. However often this type of economic activity initiates changes of structure of components of ecosystems and their functions owing to activization of mechanical, geochemical, geophysical influence and their synergetic imposing. Statement of the interdisciplinary researches allowing to estimate efficiency of use of resource-saving technologies and to develop offers on correction of the functional organization of the territory is actual for optimization of resource capacity of the territory and the analysis of dynamics of ecological functions of abiotic spheres of Earth.

Key words: mineral resources, economic potential, ecological functions, ecosystems.

Сведения об авторах: Барабоскина Татьяна Анатольевна — канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотр. каф. инженерной и экологической геологии геологического ф-та, ст. науч. сотр. Института стран Азии и Африки МГУ имени М.В. Ломоносова, *e-mail:* baraboshkina@mail.ru; Харьковина Марина Анатольевна — канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотр. каф. инженерной и экологической геологии геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, *e-mail:* kharkina@mail.ru; Жигалин Александр Дмитриевич — канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотр. каф. инженерной и экологической геологии геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, *e-mail:* zhigalin.alek@yandex.ru