

ВЛИЯНИЕ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ НА ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

INFLUENCE OF CONSTRUCTION LIMESTONE MINING ON THE ENVIRONMENTAL-GEOLOGICAL CONDITIONS OF ADJACENT AREAS

КОРОЛЕВ В.А.

Профессор кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, korolev@geol.msu.ru

МЕДВЕДЕВА С.Г.

Геолог ООО «НПП «Центр-недра»», г. Калуга, twelanis@mail.ru

Ключевые слова:

месторождения строительных известняков; эколого-геологические условия; карьеры; разработка; мониторинг; химическое загрязнение; почвы; грунты; тяжелые металлы; полиароматические углеводороды.

Аннотация

В результате инженерно-экологических исследований изучено влияние разработки месторождений строительных известняков в Калужской области на эколого-геологические условия прилегающих территорий. Установлено, что при разработке происходит существенное нарушение эколого-геологических условий и техногенное химическое загрязнение окружающей среды, включая приземный слой воздуха, растительность, почвы, подпочвенные грунты и водные объекты. Предложены рекомендации по устранению негативных явлений и улучшению экологической обстановки.

Abstract

The influence of construction limestone mining on the environmental-geological conditions of adjacent areas in the Kaluga Region is investigated on the basis of engineering-environmental survey results. It is found that essential disturbance of ecological-geological conditions and man-made chemical pollution of the environment (including the ground air layer, vegetation, soils, subsoils and water bodies) occur due to the mining. The authors propose some recommendations on elimination of the negative effects and improving of the environmental situation.

KOROLEV V.A.

A professor of the department of engineering and ecological geology of the geological faculty of Lomonosov Moscow State University, Moscow, korolev@geol.msu.ru

MEDVEDEVA S.G.

A geologist of the «Center-Nedra» Ltd, Kaluga, twelanis@mail.ru

Key words:

construction limestone deposits; environmental-geological conditions; quarries; mining; monitoring, chemical pollution; soils; subsoils; heavy metals; polyaromatic hydrocarbons.

Проблемы зарождаются медленно, но размножаются быстро.

Владислав Гжегорчик

Введение

Проблема взаимодействия природной среды и техногенеза чрезвычайно сложна и носит глобальный характер. Еще в начале 90-х гг. прошлого века отмечалось, что всего за два десятилетия видовое разнообразие растительного и животного мира на Земле сократилось примерно на 1/5 часть, что уже было сопоставимо с этапами массовых вымираний биоты в геологическом прошлом [9]. Таким образом, последствия человеческой деятельности уже 20 лет назад соответствовали схеме развития экологических кризисов, с которыми связывают упрощение структуры экосистем, сокращение видового разнообразия, общее уменьшение приспособляемости видов. За прошедшее время интенсивность вторжения человечества в литосферу и активность его воздействия на экосистемы возросли.

Проблемы воздействия горнодобывающих предприятий, в т.ч. месторождений строительных материалов (МСМ), на состояние экосистем занимают не последнее место в реестре разнообразных воздействий человеческого сообщества на собственную среду обитания [6]. При этом для экосистем нарушаемых площадей совершенно безразлично, какого типа полезное ископаемое извлекается открытым способом, — и при заложении глубоких угольных разрезов, и при добыче строительных материалов, затрагивающей лишь приповерхностные отложения, почвенный слой подлежит сведению на всей площади отторжения. Причем в последнем случае воздействие на экосистемы значительно сильнее, чем в первом, поскольку глубокие разрезы предполагают обычно более длительное функционирование, чем при разработ-



ке мелких месторождений с запасами до 2 млн м³, которые быстро заканчиваются при интенсивной отработке.

Среди месторождений строительных материалов Калужской области значительное место занимают месторождения известняков (рис. 1). Причем основная их часть сосредоточена в пределах Дзержинского района (Пятовский, Полотняно-Заводский карьеры и др.). Интенсивное развитие горнодобывающей промышленности в Дзержинском районе оказывает существенное влияние на окружающую среду. Происходят активное нарушение и перепланировка территорий, ослабление устойчивости геологической среды к техногенному воздействию, развиваются необратимые процессы ее изменения. Наблюдается загрязнение атмосферного воздуха, почвы, растительности, водных объектов продуктами разрушения пород, отвалами, выбросами пыли при проведении буровзрывных работ, нефтепродуктами, канцерогенными и мутагенными веществами от работы многочисленных автомобилей, экскаваторов, бульдозеров и другой техники. Негативное воздействие разработки МСМ накладывается на прочую техногенную нагрузку в Калужской области, которая является одной из наиболее активно развивающихся в промышленном отношении территорий в России.

Таким образом, в настоящее время назрела объективная необходимость в оценке и определении количественных характеристик воздействия разработки МСМ (в т.ч. месторождений строительных известняков) на эколого-геологические условия территорий, вовлекаемых в отработку и прилегающих к ним, при инженерно-экологических изысканиях [10–13].

Поэтому целью данной работы является рассмотрение особенностей техногенных воздействий на экосистемы со стороны разрабатываемых карьеров строительных известняков, а также привлечение внимания специалистов к тому, что в ходе инженерно-экологических изысканий необходимо учитывать разнообразие негативных последствий разработки изначально нейтрального к среде сырья. Для этого необходимо решить следующие задачи: (1) выявить наличие техногенного воздействия со стороны разрабатываемого месторождения строительных известняков; (2) оценить

его масштабы и характер; (3) дать количественную оценку техногенного химического загрязнения геологической среды в районах разработки МСМ; (4) обосновать и сформулировать рекомендации по совершенствованию инженерно-экологических изысканий на территориях МСМ.

Геологические особенности Пятовского месторождения известняков

Известняки, добываемые в Дзержинском районе Калужской области с 30-х гг. XX в., приурочены к тарусскому, веневскому, михайловскому и алексинскому горизонтам нижнего карбона и представляют собой непрерывную залежь, расположенную в треугольнике «Полотняный Завод–Товарково–Пятовский» (рис. 2). Данные известняки разрабатываются в семи карьерах, суммарная производительность которых по строительному камню составляет более 3 млн м³/год [14]. Общая площадь, занятая карьерами, отвалами и промплощадками, равна 12,7 км², что составляет 1% от территории Дзержинского района.

Ново-Пятовский карьер, входящий в состав Пятовской группы МСМ, существует с 1982 г. До 2004 г. работы по добыче известняка в нем велись здесь постоянно, с 2004 по 2010 г. — с перерывами. С начала 2011 г. работы в этом карьере были возобновлены, и сейчас ведется вскрытие полезной толщи в восточном направлении (рис. 3).

Ниже приводится описание геологических особенностей данного месторождения согласно сведениям, полученным ООО «ПГП «Притяжение»» в ходе объектного мониторинга геологической среды при эксплуатации Ново-Пятовского участка Пятовского месторождения известняков в Дзержинском районе под руководством В.Н. Вардугина в 2002 г.

Рассматриваемая территория представляет собой приподнятую пологоволнистую равнину, понижающуюся в сторону реки Суходрева. Водоразделы четко выражены, междуречья широкие (2 км и более). Наиболее высокие отметки поверхности приурочены к водоразделу рек Медынка и Шаня (211 м), минимальные — в русле р. Суходрева (126 м). Рельеф пересеченный,

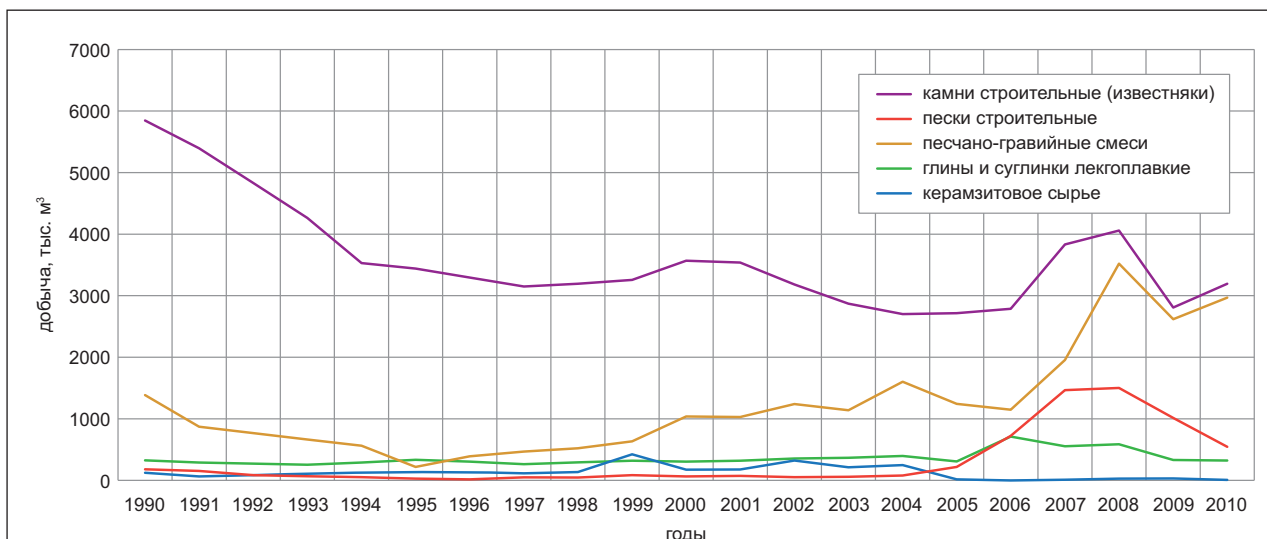


Рис. 1. Динамика добычи общераспространенных полезных ископаемых в Калужской области (согласно [3, 4])

гидрографическая сеть развита хорошо. Притоки рек Медынки и Суходрева глубоко врезаются, склоны их долин имеют крутизну до 45°. Характерно широкое развитие овражно-балочной сети. Овраги имеют глубину 40–50 м и крутые задернованные борты.

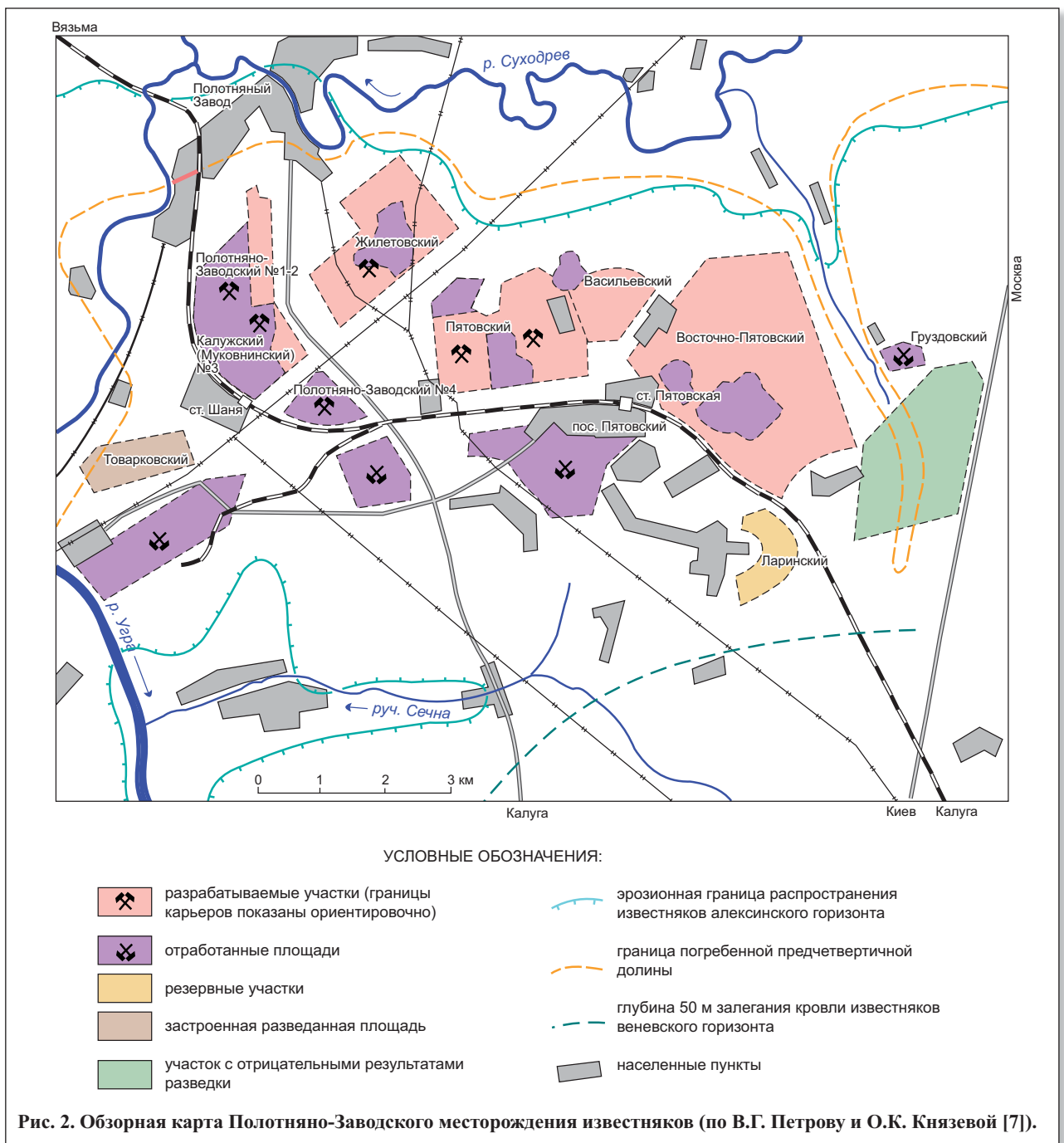
В геологическом строении района разработки принимают участие каменноугольные, верхнеюрские, меловые, неогеновые и четвертичные отложения.

Полезная толща известняков, перспективная для разработки, подстилается угленосной толщей континентальных песчано-глинистых отложений бобриковского и тульского горизонтов нижнего карбона мощностью до 50–80 м. Неустойчивость тектонического режима в период ее формирования привела к довольно заметной фациальной изменчивости отложений как по площади, так и по разрезу.

Карбонатная формация продуктивной толщи начинается с алексинского горизонта нижнего карбона и

завершается породами протвинского горизонта среднего карбона. Общая мощность комплекса достигает 50–60 м. В составе формации преобладают известняки, среди которых выделяются различные по мощности (от 2–3 до 20 м) прослои глин михайловского, стешевского и верейского водоупорных горизонтов. Рельеф кровли отложений весьма сложен: в долине реки Угры под четвертичными отложениями на ряде участков залегают известняки упинского горизонта, а в северо-восточной части района в разрезе появляются известняки протвинского горизонта. Значительное влияние на гипсометрию их кровли оказала тектоника, в частности Калужская кольцевая вулканотектоническая структура.

Региональный верхнеюрский водоупор в виде линз мощностью до 5–10 м распространен в районе незначительно и отмечается на водоразделах в виде небольших останцов в углублениях доюрского рельефа.





Глинисто-песчаный комплекс меловых отложений представлен фрагментарно в пределах контура развития юрских пород на водораздельных участках.

Отложения четвертичного возраста различного генезиса имеют широкое распространение на территории района, однако преобладают моренные суглинки московского возраста. Мощность отложений колеблется от 3–5 до 15–20 м.

В пределах зоны активного взаимодействия человека и геологической среды подземные воды развиты в четвертичных, мезозойских и каменноугольных отложениях. Всего в районе выявлено 17 водоносных горизонтов, в т.ч. 8 из них — в четвертичных образованиях.

Наибольшее значение для сельского населения имеют подземные воды, залегающие в межморенных песчаных отложениях и эксплуатирующиеся многочисленными колодцами. Для централизованного водоснабжения в большинстве случаев используются подземные воды, приуроченные к известнякам веневско-тарусского, алексинского и упинского горизонтов. Воды нижнетульской песчаной толщи эксплуатируются значительно реже. Водоносные горизонты залегают на глубине от 20–30 до 100 м и имеют различную степень естественной защищенности. Водоносные горизонты веневско-тарусского и алексинского горизонтов слабо напорные или безнапорные, а нижнетульского и упинского — напорные, с глубиной залегания уровней от 10 до 40–50 м и напором над кровлей от 5 до 50–60 м.

Ново-Пятовский участок в геоморфологическом отношении расположен на высоких отметках (от 190 до 206 м) водораздела рек Суходрева и Шани, удаленных от месторождения на расстоянии 2 и 5 км соответственно. Ближайшие урезы рек находятся на абсолютных отметках 125–131 м. Абсолютные отметки подошвы полезной толщи алексинских известняков составляют 149–161 м.

В структурном отношении месторождение приурочено к Пятовскому поднятию Калужской кольцевой структуры. Характерной особенностью месторождения является малая мощность перекрывающих четвертичных отложений, высокое положение продуктивной толщи известняков относительно местного базиса эрозии, отсутствие устойчивых источников восполнения запасов подземных вод.

Современные экзогенные геологические процессы (ЭГП) в рассматриваемом районе проявляются в виде овражной эрозии, карста, суффозии, оползней. Всего по Дзержинскому району воздействию ЭГП подвержено 19 населенных пунктов, в т.ч. 3 города и поселка городского типа. В целом пораженность территории района ЭГП слабая. Однако отмечается резкая активизация этих процессов в связи с возрастанием техногенной нагрузки, включая разработку карьеров. Ярким примером является территория Троицкой бумажной фабрики (г. Кондрово), где суффозионные и карстовые процессы привели к выходу из строя основных зданий этого пред-

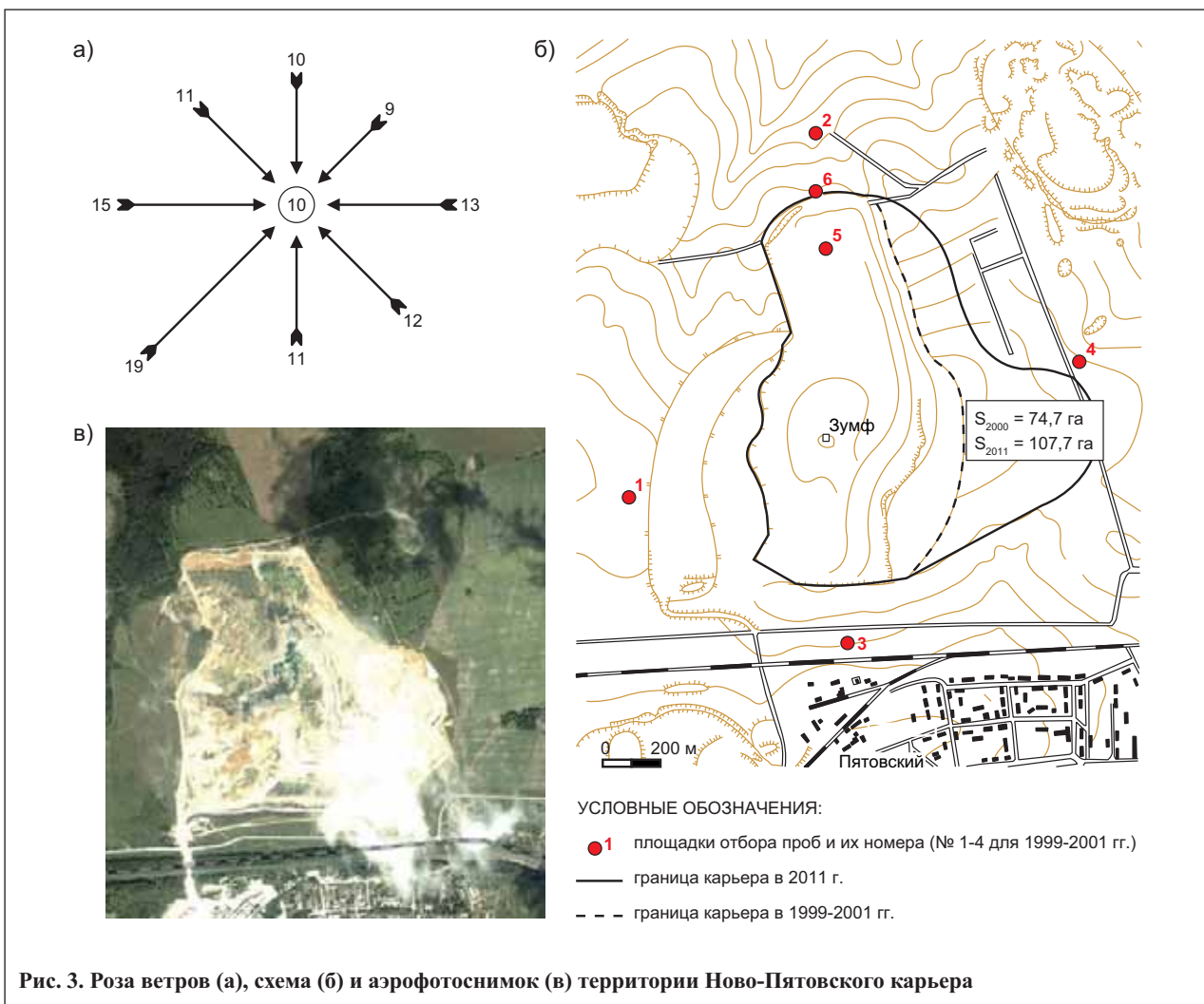


Рис. 3. Роза ветров (а), схема (б) и аэрофотоснимок (в) территории Ново-Пятовского карьера



Рис. 4. Заболачивание отработанной площади

приятия и переносу их в другое место в конце XX в. Причиной их резкой активизации явились мощный водоотбор (при одновременной работе 6–12 скважин, откачивавших 700 м³/ч) и попадание большого количества агрессивных технических вод в водоносный горизонт. Водоотлив из карьера «Ново-Пятовский» в течение последних 30 лет (вне зависимости от интенсивности добычных работ) составляет 200 м³/ч, что может привести (либо уже привело) к активизации карстовых процессов, проявления которых отмечены в 300–400 м к востоку и северо-востоку от бровки карьера.

Техногенные воздействия разработки МСМ на эколого-геологические системы

В целом МСМ в период разработки представляют собой сложные природно-технические системы (ПТС). Негативное воздействие разработка МСМ оказывает

на разные компоненты ПТС: геологическую среду, приземную атмосферу и биоту (рис. 4).

Основными источниками загрязнения служат техногенные объекты, являющиеся неотъемлемой частью разработки МСМ и составляющие техногенную компоненту ПТС (добычная и обогащательная техника, автотранспорт, транспортные сооружения, включая сопутствующие строения и подъездные технологические дороги, системы электроснабжения и водообеспечения) [15].

При этом в *геологической среде* происходит следующее:

- изменение литологических типов и гранулометрического состава приповерхностных отложений в целом по области в сторону увеличения их глинистости;
- изменение термовлажностного состояния грунтов;
- изменение физических, физико-химических и физико-механических свойств грунтов;



Рис. 5. Одновременное снятие почвенно-растительного покрова и вскрышных пород. Угол откоса вскрышного уступа значительно круче рекомендованных 40°



Рис. 6. Углы откоса добычных уступов, близкие к вертикальным: а — 1-й добычный уступ при возобновлении работ в 2011 г.; б — уступы бортов карьера, оставленные без консервации на период прекращения добычных работ (2004–2010 гг.) и самовыполаживающиеся за счет эрозионных и гравитационных процессов

- изменение напряженного состояния грунтов;
- химическое и бытовое загрязнение грунтов отходами производства и функционирования карьера;
- уничтожение плодородного почвенного слоя на площади отторжения;
- химическое и механическое загрязнение почв сопредельных территорий;
- нарушение режима подземных вод, прежде всего грунтовых, реже — более глубоких горизонтов, возникновение депрессионных воронок;
- механическое и химическое загрязнение подземных вод, ухудшение качества воды;
- изменение режима прилегающих к территории МСМ поверхностных вод, ухудшение качества воды, ее механическое и химическое загрязнение;
- формирование и активизация гравитационных инженерно-геологических процессов (оползней, обвалов, осыпей, оплывин, сплывов), а также выветривания, эрозии и в ряде случаев карста;
- изменение рельефа за счет разработки карьера и образования отвалов, приводящее помимо формирования техногенных отрицательных и аккумулятивных форм к созданию площадей искусственных обнажений;
- усиление антропогенной фрагментации рельефа.

В *воздушной среде* наблюдается:

- загрязнение атмосферного воздуха пылью и выхлопами карьерного автотранспорта;
- загрязнение воздуха за счет роста пылимости вскрытых пород.

В *биоценозах* наблюдается:

- уничтожение растительности на площади отторжения и ее угнетение; нарушение биогеохимических циклов растений и деградация естественных популяций растительности прилегающих площадей;
- гибель почвенных организмов в связи с уничтожением, нарушением либо загрязнением почвенного покрова;
- ухудшение качества среды обитания насекомых, птиц и животных (световое, шумовое, пылевое и химическое загрязнение);
- изменение естественных границ ареалов распространения видов;
- усиление инсультризации видов;
- непреднамеренное уничтожение особей в процессе разработки;
- увеличение числа «сорных» видов растений, насекомых и других животных (птиц, грызунов) на тер-

риториях нерекультивированных карьеров, превращенных в свалки.

В отношении *людей*, работающих на территории МСМ или проживающих на прилегающих территориях, происходит:

- ухудшение санитарно-гигиенических условий труда;
- ухудшение среды проживания за счет ее светового, шумового, пылевого и химического загрязнения.

Помимо объективных факторов ситуацию осложняет и то, что зачастую отработка МСМ ведется частными некомпетентными компаниями с нарушениями природоохранного законодательства с целью извлечения максимальной прибыли. Наиболее распространенные нарушения технологических проектных решений при отработке месторождений известняка состоят в следующем:

- плодородный почвенный слой не снимается в подготовительный период, а складывается совместно с остальной вскрышей (рис. 5);
- отвалы перемещаются по мере продвижения фронта добычных работ без отсыпки проектных отвальных площадей, что приводит к ухудшению качества грунта, используемого в дальнейшем для рекультивации;
- не соблюдаются рекомендованные углы откосов как вскрышных, так и добычных уступов бортов карьеров: — для известняков они составляют 80° вместо закладываемых проектом 60° (рис. 6); — в случае вскрышных уступов углы откосов составляют 60° при рекомендуемых $35\text{--}40^\circ$ (см. рис. 5);
- отсутствует система пылеуловителей, в связи с чем приземный атмосферный воздух загрязнен аэрозолем известняковой пыли, значительно превышающей по содержанию значения ПДК; практически вся прилегающая территория, включая садовые участки и жилые постройки, загрязнена известняковой пылью (рис. 7).

Все это наносит серьезный ущерб окружающей, в т.ч. геологической, среде и экосистемам площадей отработки МСМ в целом, а также затрудняет последующую рекультивацию территорий.

Эколого-геологические особенности территории Ново-Пятовского участка Пятовского месторождения

Основным источником загрязнения среды тяжелыми металлами (ТМ) и полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ) при отработке МСМ являются



Рис. 7. Обочина технологической дороги карьера с «новообразованиями» из многолетней известняковой пыли (на втором плане — решетка ограждения моста путепровода)

выхлопы от работающего карьерного транспорта. В случае Ново-Пятовского карьера это бульдозеры, применяемые на вскрышных работах, и автосамосвалы, вывозящие горную массу, поскольку на карьере используются экскаваторы с электродвигателями. Кроме этого, источником химического загрязнения служат взрывные работы, проводившиеся на карьере в 1982–2004 гг. и недавно (с осени 2011 г.) возобновленные.

В 1999–2001 гг. на Ново-Пятовском карьере была предпринята попытка ведения эколого-геологического мониторинга. В состав работ входил отбор проб растительности и почвы на четырех фиксированных площадках вблизи карьера. К сожалению, в 1999 г. выбор площадок носил специфический характер, что было связано с финансированием работ руководством самого карьера. Наблюдательные площадки № 3 и 4 (см. рис. 3) были расположены в непосредственной близости от автодорог, не входящих в коммуникации собственно карьера, причем именно за трассами, поэтому на них было возможно отслеживание загрязнения, вызванного выхлопами автотранспорта вообще, но никак не относящегося к карьерному транспорту. Площадка № 2 расположена на некотором удалении от карьера в естественном понижении рельефа и имеет кустарниковую растительность — здесь влияние карьера минимально (см. рис. 3). Площадка № 1 находится в 400 м к З-ЮЗ от карьера за складом отвальных масс, что тоже препятствует отслеживанию воздействия разработки. Однако указанные исследования — единственные, проводившиеся ранее в Калужской области. Поэтому авторами на тех же площадках были выполнены повторные инженерно-экологические исследования спустя более чем 10 лет, что позволило отследить динамику различных процессов.

По почвенному районированию Калужской области Дзержинский район входит в Малоярославецкий почвенный район Смоленско-Московского округа с преобладанием дерново-подзолистых почв, занимающих около 71,5% территории района. На площади месторож-

дения развиты дерново-среднеподзолистые среднесуглинистые почвы. Они характеризуются небольшой мощностью перегнойного горизонта A_1 (10–20 см), причем подзолистый горизонт A_2 имеет мощность около 10 см. Эти почвы бедны гумусом и питательными веществами, имеют кислую реакцию почвенного раствора и непрочную структуру, поэтому плодородие их сравнительно невысоко [2]. Для почв Дзержинского района $pH = 5,8$, а содержание гумуса составляет 1,61% [4].

Данные почвы обладают умеренной способностью к самоочищению, вероятное время разложения органических и минеральных продуктов техногенеза в них составляет от 7 до 100 лет.

Грунты, подстилающие почвы, в основном представлены моренными суглинками московского горизонта, для которых характерны малая пластичность и высокая плотность.

Методика исследований

В 2011 г. авторами для химических анализов был произведен повторный отбор проб растительности и почв на тех же наблюдательных площадках, которые были выбраны для исследования в 1999 г. Дополнительно на этих площадках были отобраны пробы подстилающих грунтов. Кроме этого, были отобраны пробы воды из заболоченного участка непосредственно в карьере и из карьерного водоотлива.

К настоящему времени благодаря движению фронта добычных работ, а также переселению жителей п. Васильевского карьера и закрытию дороги к данному поселку площадка № 4 оказалась в непосредственной близости от карьера — расстояние до его восточного борта составляет около 30 м. Кроме того, была обследована дополнительная площадка № 6, расположенная в 10 м к северу от его северного борта. Обе площадки находятся с подветренной стороны от карьера, по направлению преобладающих ветров района.



Методика эколого-геохимических исследований состояла в отборе и изучении проб травянистых растений, почвы и подпочвенных грунтов с их последующим химическим анализом для определения содержания в них токсичных компонентов, прежде всего ТМ и ПАУ, а также микроэлементов.

Токсикологическое исследование проб почвы и золь растений на содержание тяжелых металлов в 1999–2001 гг. проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии в ООО «ИЛКПЭ» (г. Калуга) — аккредитованной испытательной лаборатории по качеству пищевых продуктов, продовольственного сырья и экологии; в 2011 г. — рентгено-эмиссионным методом на приборе «СПЕКТРОСКАН» на кафедре инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова под руководством Е.Н. Самарина [13].

Определение содержания ПАУ проводилось методом ВЭЖХ на комплексе Lab Alliance с колонкой C-18 в градиентном режиме в лаборатории мониторинга ПАУ в окружающей среде ГУ «НПО «Тайфун»» (г. Обнинск) под руководством А.И. Шилиной.

Сравнение результатов анализов 1999–2001 и 2011 гг. позволило сделать определенные выводы по динамике загрязнений в районе Ново-Пятовского карьера и оценить таким образом влияние его разработки на эколого-геологические условия прилегающей территории и самого МСМ [10, 12, 13].

В районе площадок № 1, 3, 4, 6 также был произведен отбор проб из приземного слоя воздуха методом пассивного пробоотбора. Фильтры ФПП-15 с полезной площадью поверхности 100 см² были установлены на указанных площадках сроком на 2 недели на уровне расположения органов дыхания (1,5 м).

Загрязнение тяжелыми металлами

В результате исследований химического состава почв на прилегающей к Ново-Пятовскому карьере территории, проведенных в 2001 и 2011 гг., было выявлено повышенное содержание в них мышьяка, свинца и селена, а также наличие стронция и цезия (табл. 1). Но в связи с отсутствием анализов почвенного состава на предпроектной стадии (т.е. фоновых исходных параметров) точно установить, является ли их источником собственно разработка месторождения, не представляется возможным. Тем не менее в этой ситуации сравнение можно провести в отношении кларков анализируемых веществ для почв мира по А.П. Виноградову [5]. В 2011 г. содержание мышьяка, меди, кобальта, свинца, никеля, цинка, стронция, кадмия на исследуемых участках составило 1,3–2,2; 0,4–1,1; 0,0–1,1; 1,9–5,4; 0,0–0,3; 0,7–1,9; 0,3–1,0; 0,3–7,24 кларка соответственно. При этом ПДК на всей исследованной площади по мышьяку превышены в 3,3–5,6 раза, по сере — в 2,9–3,9 раза.

При сопоставлении литературных данных и результатов собственных исследований почв территории, прилегающей к карьере [13], становится очевидным, что концентрации кобальта и никеля не превышают фоновое содержание этих элементов, содержание меди и цинка несколько выше фоновое, а концентрация свинца превышает фоновую в 2,3–6,7 раза.

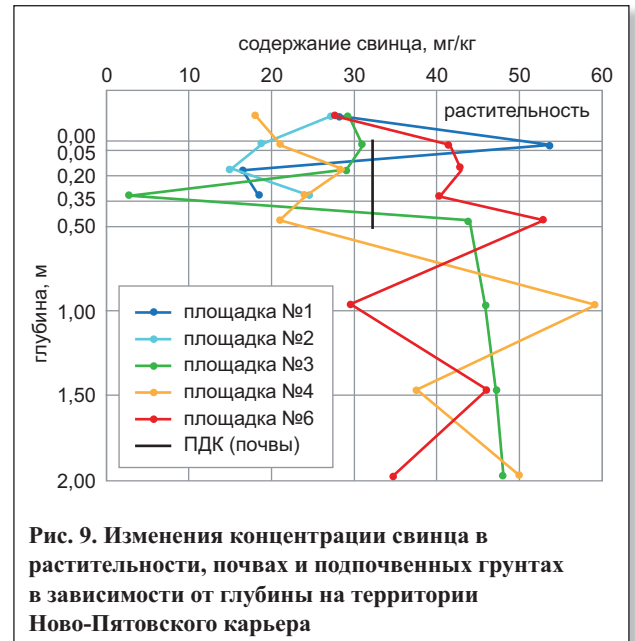
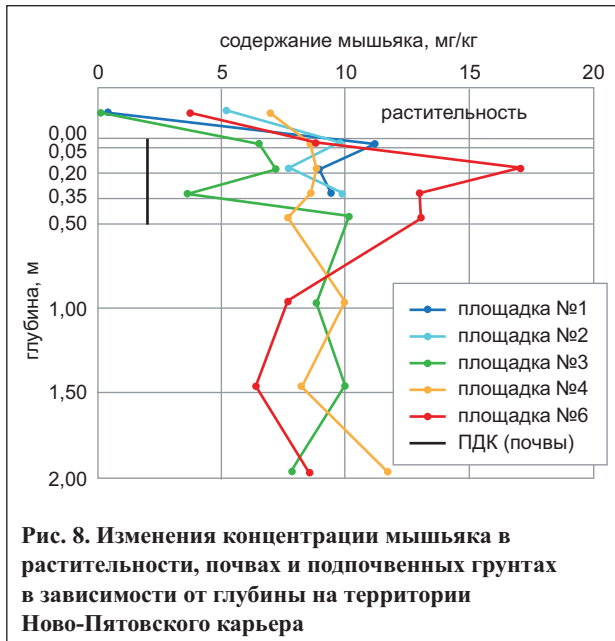
Из таблицы 1 также следует, что по сравнению с 2001 г. концентрации мышьяка, меди и свинца к 2011 г. существенно выросли на всех обследованных площадках, несмотря на длительный перерыв в работе карьера.

Кроме того, на всех площадках наблюдается высокое содержание мышьяка (рис. 8). Оно варьирует в основном от 6,36 мг/кг (площадка № 6, интервал 1,45–1,5 м) до

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов и микроэлементов в почве (мг/кг) на территории, прилегающей к Ново-Пятовскому карьере												
№ площадки	Год	As	Cu	Co	Pb	Ni	Zn	Sr	Cs	V	Cd	S
1	2001	4,45	7,95	-	9,25	-	-	-	-	-	0,08	-
	2011	11,19	20,33	8,62	53,60	10,11	90,00	102,10	4,58	84,86	0,62	548,48
2	2001	1,85	5,20	-	8,30	-	-	-	-	-	0,19	-
	2011	9,67	9,00	5,30	18,50	0,00	34,86	99,45	4,10	51,25	0,14	617,21
3	2001	3,45	16,50	-	13,00	-	-	-	-	-	0,33	-
	2011	6,54	21,54	5,26	31,08	13,13	54,32	127,00	4,89	56,87	0,91	532,30
4	2001	2,90	7,70	-	12,00	-	-	-	-	-	0,29	-
	2011	8,60	7,70	5,58	21,07	0,00	43,58	96,89	5,54	71,88	0,15	583,99
6	2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2011	8,74	11,40	0,00	41,30	11,48	95,64	306,18	2,37	52,12	3,63	462,14
ПДК	2,00	3,00*	5,00	32,00	4,00	23,00	-	-	150,00	2,00 (ОДК max)	160,00	
Кларк [2]	5,00	20,00	8,00	10,00	40,00	50,00	300,00		100,00	0,50	-	
Фон (Наро-Фоминский р-н Московской обл.)	-	11,00	8,00	8,00	16,00	40,00	-	-	-	-	-	

* Жирным курсивом даны ПДК подвижных форм элементов.



11,76 мг/кг (площадка № 4, интервал 1,95–2,0 м) с незначительными колебаниями по глубине. Исключение составляет площадка № 6 в интервале глубины 0,05–0,50 м, для которой концентрация мышьяка изменяется от 13,04 до 17,11 мг/кг. Такое ее повышение, вероятно, связано с наложением техногенного загрязнения на естественный уровень концентраций. Присутствие пикового значения в интервале 0,05–0,20 м, видимо, обусловлено миграцией As в почвенном профиле при длительном прекращении добычных работ до недавнего времени.

Содержание свинца на всех площадках (рис. 9) при достаточно большом разбросе в интервалах 0,0–0,5 м (почвенный горизонт) с глубиной выравнивается и составляет в интервале 1,5–2,0 м от 34,9 до 49,6 мг/кг. В этой ситуации можно говорить либо о достаточно высоком естественном содержании свинца, либо о миграции данного элемента на глубину более 2,0 м.

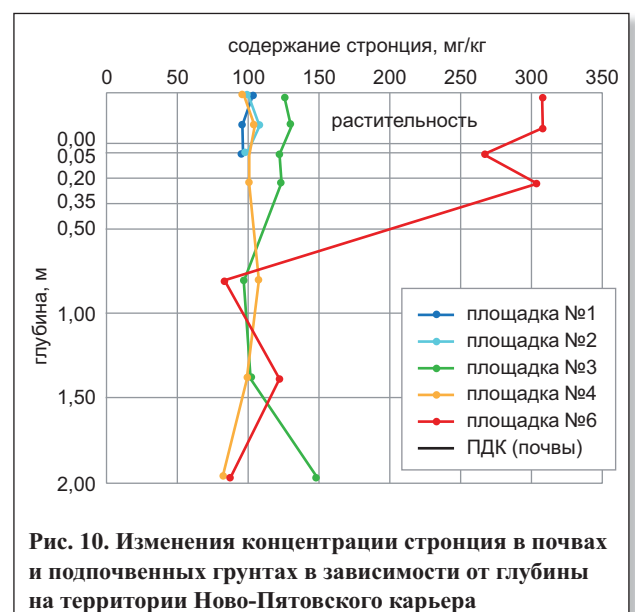
Что касается содержания стронция (рис. 10), то для всех площадок характерны колебания его концентрации от 81,65 мг/кг (площадка № 4, интервал 1,95–2,00 м) до 148,5 мг/кг (площадка № 3, интервал 1,95–2,00 м). Исключение составляет площадка № 6 в интервале 0,0–0,5 м, для которой концентрация стронция варьирует в пределах 266,4–307,4 мг/кг.

Выявленные зависимости распределения различных элементов в системе «растение — почва — подстилающий грунт» на площадках № 3, 4 и 5 показаны на рис. 11. Примечательно, что в пробах всего участка исследований наблюдается высокое содержание серы, изменяющееся от 399,1 мг/кг (площадка № 4, интервал 1,95–2,0 м) до 620,99 мг/кг (площадка № 1, интервал 0,20–0,35 м) и имеющее незначительные колебания на разной глубине. Как и в случае со свинцом, здесь можно говорить либо о достаточно высоком естественном содержании серы по всему разрезу, либо о миграции данного элемента на глубину более 2,0 м. Тогда наиболее вероятным источником ее поступления служат выхлопные газы транспортных средств и карьерной техники. Как следует из рис. 11, наиболее сильно растительность обогащена такими элементами, как медь и никель.

Влияние тяжелых металлов на биоту весьма разнообразно и зависит от их содержания в окружающей среде

и от потребности в них микроорганизмов, растений, животных и человека. Например, избыток *свинца* в растениях, связанный с его высокой концентрацией в почве, ингибирует их дыхание и подавляет процесс фотосинтеза, иногда приводит к увеличению содержания кадмия и снижению поступления в них цинка, кальция, фосфора, серы. Вследствие этого снижается урожайность растений и резко ухудшается качество производимой продукции. Концентрация этого металла выше 10 мг на 1 кг сухого вещества является токсичной для большинства культурных растений [16]. В организм человека свинец в основном поступает через пищеварительный тракт. При токсичных дозах этот элемент накапливается в почках, печени, селезенке и костных тканях. При свинцовом отравлении поражаются в первую очередь органы кроветворения (возникает анемия), нервная система (энцефалопатия и нейропатия) и почки (нефропатия). Особенно восприимчивы к свинцу дети [16].

Кадмий хорошо известен как токсичный элемент, но он же в низких концентрациях способен стимулировать рост некоторых животных [16]. Его токсичность





для растений проявляется в нарушении активности ферментов, торможении фотосинтеза, нарушении транспирации, а также в ингибировании восстано-

вления NO_2 до NO . Кроме того, в метаболизме растений кадмий является антагонистом ряда элементов питания (Zn, Cu, Mn, Ni, Se, Ca, Mg, P). При токсичном воздей-

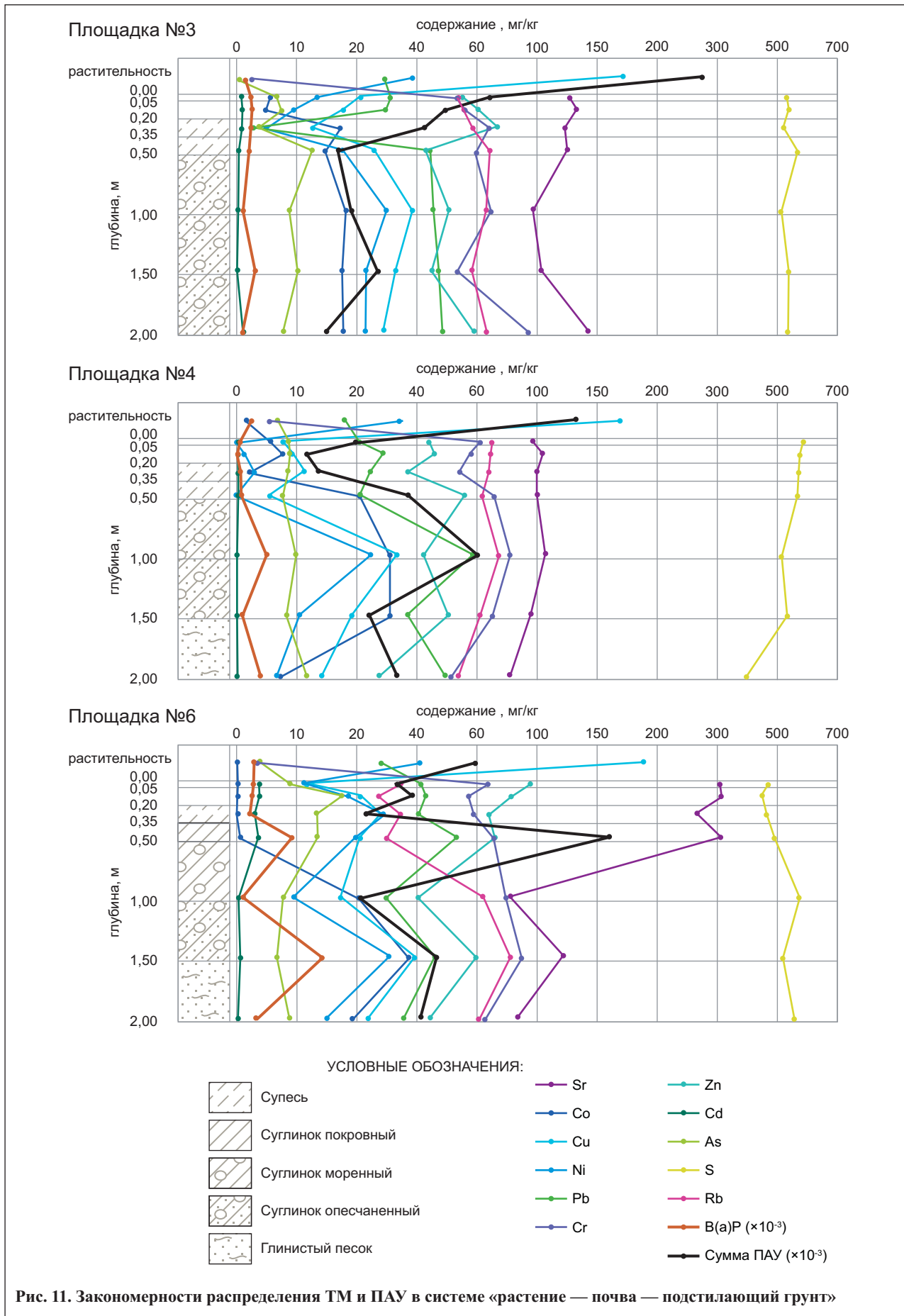


Рис. 11. Закономерности распределения ТМ и ПАУ в системе «растение — почва — подстилающий грунт»

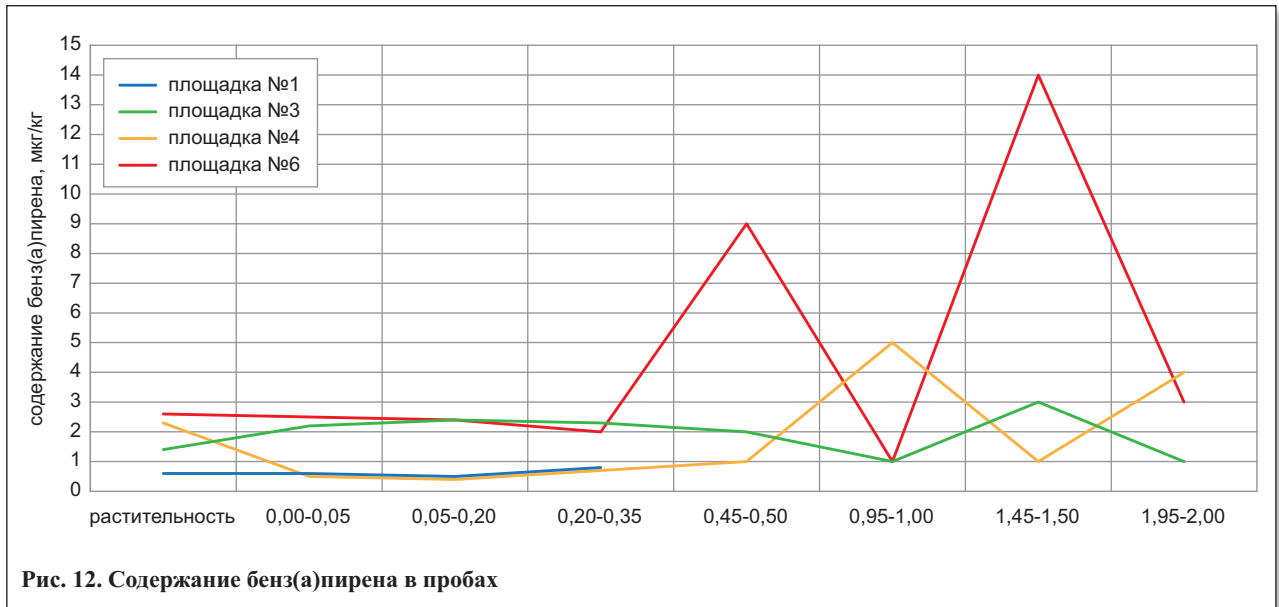


Рис. 12. Содержание бенз(а)пирена в пробах

ствии этого металла у растений наблюдаются задержка роста, повреждение корневой системы и хлороз листьев. Кадмий достаточно легко поступает в растения из почвы и атмосферы. По фитотоксичности и способности накапливаться в растениях в ряду ТМ он занимает первое место ($Cd > Cu > Zn > Pb$) [16].

Кадмий способен накапливаться в организме человека и животных, т.к. сравнительно легко усваивается из пищи и воды и проникает в различные органы и ткани. Токсичное действие данного металла проявляется уже при очень низких концентрациях. Его избыток ингибирует синтез ДНК, белков и нуклеиновых кислот, влияет на активность ферментов, нарушает усвоение и обмен других микроэлементов (Zn, Cu, Se, Fe), что может вызвать их дефицит [16]. Обмен кадмия в организме характеризуется отсутствием эффективного механизма гомеостатического контроля, длительным удержанием (кумуляцией) в организме с очень долгим периодом полувыведения (около 25 лет), преимущественным накоплением в печени и почках, интенсивным взаимодействием с другими двухвалентными металлами как в процессе всасывания, так и на тканевом уровне [16]. Хрони-

ческое воздействие кадмия на человека приводит к нарушениям почечной функции, легочной недостаточности, остеопорозу, анемии и потере обоняния [16].

Повышенная концентрация *цинка* также оказывает токсическое влияние на живые организмы. У человека она вызывает тошноту, рвоту, дыхательную недостаточность, фиброз легких, оказывает канцерогенное действие. Однако токсичность цинка для животных и человека сравнительно невелика, т.к. при избыточном поступлении он не кумулируется, а выводится. Большинство видов растений обладает высокой толерантностью к его избытку в почвах. Уникальность цинка заключается в том, что он входит в состав более 200 ферментов, а также необходим для стабилизации ДНК, РНК, рибосом. Поэтому *большую* проблему для биоты в целом представляет дефицит цинка, нежели его токсичные количества.

Период естественного полуудаления цинка из почв составляет до 500 лет, кадмия — до 1100 лет, меди — до 1500 лет, свинца — до нескольких тысяч лет [16].

Примечательно, что при разработке известняков, сопровождающейся высоким пылевыделением, а следо-

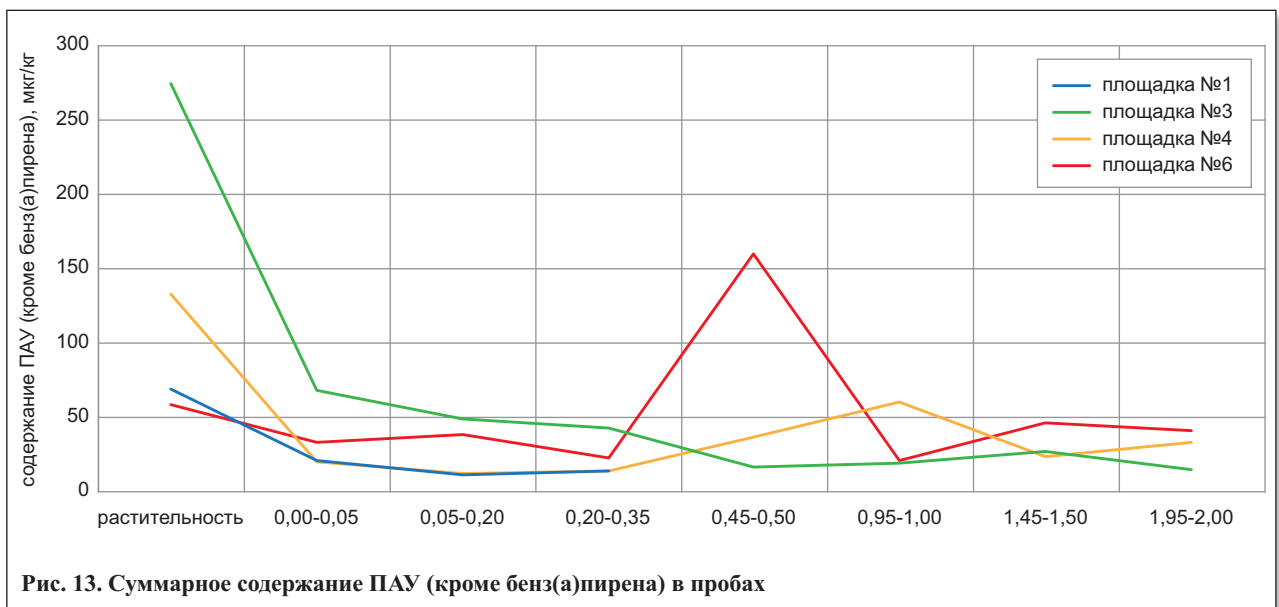


Рис. 13. Суммарное содержание ПАУ (кроме бенз(а)пирена) в пробах



вательно, и повышением рН почв прилегающих территорий, возможно получение положительного эффекта, поскольку при высоких значениях рН свинец закрепляется в почве химически в виде его карбоната.

Загрязнение полициклическими ароматическими углеводородами

В 2011 г. было проведено исследование указанной территории МСМ на предмет изучения загрязнения почв полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ) [10, 12]. Как известно, ПАУ представляют собой сложные органические соединения, состоящие из 3–6 бензольных колец. Ряд ПАУ обладает канцерогенными, мутагенными или токсическими свойствами.

В отобранных пробах авторами определялось 16 приоритетных ПАУ (табл. 2). Из них в образцах преобладали 9: бенз(а)пирен (B(a)P), фенантрен (Phen), антрацен (Antr), флуорантен (Flt), пирен (Pyr), бенз(а)антрацен и хризен (BaA+Chrys), бенз(б)флуорантен и бенз(к)флуорантен (BbF+BkF). Бензперилен (BPL) присутствовал в пробах растений и подстилающего грунта, в почве его содержание было ниже предела обнаружения. То же справедливо и для флуорена, присутствие которого было обнаружено в подстилающем грунте в интервале 0,35–2,00 м. Дибенз(аh)антрацен (Db(аh)A) был выявлен только в подстилающем грунте площадок № 3 и 6 на глубине 0,45–2,00 м. Содержание остальных ПАУ оказалось ниже предела обнаружения. Из обнаруженных соединений B(a)P и дибенз(аh)антрацен (Db(аh)A) относятся к сильным канцерогенам и мутагенам; BbF — к сильным канцерогенам; BaA — к канцерогенам; Antr, Chrys и BPL — к мутагенам и сомнительным канцерогенам; Flt и BkF — к мутагенам [13].

Содержание бенз(а)пирена на всей площади, прилегающей к карьере, было ниже ПДК. Его фоновые значения для почв Калужской области составляют 0,5–2,3 мкг/кг. Уровень B(a)P в почве 4–5 мкг/кг свидетельствует (по данным ГУ «НПО «Тайфун»», г. Обнинск) о наличии его источника.

Однако при сравнении полученных данных с таковыми для площадки № 1 (которая благодаря значительному удалению как от карьерных разработок, так и от автотрассы может рассматриваться как фоновая) было выявлено превышение содержания бенз(а)пирена в растительности в 3,8–4,3 раза, в почве — в 4,3 раза, в подстилающем грунте — в 2,5 раза в пробах, отобранных на площадках, расположенных с подветренной стороны от карьера. В этих пробах также наблюдается значительное превышение уровня других ПАУ относительно их фонового содержания (рис. 12, 13).

Содержание бенз(а)пирена в растительности и почве, связанное исключительно с ведущейся разработкой МСМ, близко к его уровню, обусловленному выхлопами автотранспорта на площадке № 3, находящейся у автотрассы (см. рис. 12). Для площадок № 6 и 4 в подстилающих почву грунтах характерно значительное содержание B(a)P, превышающее уровень загрязнения в разрезе площадки № 3, что связано с миграцией бенз(а)пирена вглубь разреза и с наибольшим воздействием, оказанным в период непрерывной отработки карьера в 1982–2004 гг. (в три смены и с ведением бу-

взрывных работ). Наибольшая концентрация B(a)P наблюдается на площадке № 6 в интервалах глубин 0,45–0,50 и 1,45–1,50 м и составляет 9 и 14 мкг/кг соответственно.

Аналогичное распределение концентраций остальных ПАУ (см. табл. 2) свидетельствует о существенном воздействии, оказанном разработкой карьера в 1982–2004 гг. Максимальное суммарное содержание ПАУ в интервале 0,45–0,50 м площадки № 6 составляет 160 мкг/кг.

Для площадки № 3, растительность, почвы и подстилающие грунты которой длительное время испытывают постоянную техногенную нагрузку, характерно достаточно плавное снижение концентраций ПАУ с глубиной (см. рис. 11). Максимальные значения ПАУ наблюдаются в растительности и в интервале 0,00–0,05 м (в гумусовом горизонте почвы).

Наличие бензперилена и дибенз(аh)антрацена в интервале глубины 0,35–0–2,00 м, вероятно, обусловлено буровзрывными работами на протяжении длительного периода.

Для оценки источника поступления ПАУ авторами были использованы коэффициенты А и В, определяемые согласно работе [1] по следующим формулам:

$$A = (Pyr + B(a)P) / (Phen + Chrys);$$

$$B = Antr / (Antr + Phen).$$

При $A > 1$ источник считается антропогенным, при $B > 0,1$ источником считаются продукты горения (табл. 3).

Из приведенных данных следует, что доля техногенных источников загрязнения почв опасными ПАУ на территориях МСМ достаточно велика. Преимущество проведения анализа на содержание ПАУ состоит в том, что на его основе возможно провести оценку источника загрязнения даже при отсутствии исходных данных о химическом составе почв и грунтов. Однако в настоящее время на территориях МСМ, где предполагается разработка, такой анализ не проводится.

Было выявлено, что содержание бенз(а)пирена в воде из болота в северной части карьера (на площадке № 5) составляет 18,8 нг/л, что превышает ПДК (5 нг/л) для воды хозяйственно-бытового пользования в 3,8 раза. В воде из водоотлива, сброс из которого производится вблизи площадки № 6, концентрация B(a)P оказалась равной 6,1 нг/л, что в 1,2 раза выше ПДК. При этом суммарное содержание остальных ПАУ составляет 300 и 166 нг/л в пробах с площадок № 5 и 6 соответственно. Результаты этих исследований приведены в табл. 4.

Поскольку вода из водовода самотеком попадает в безымянный ручей, который далее впадает в р. Суходрев, косвенное воздействие карьера через поверхностный сток захватывает не только сам ручей, но и реку ниже его устья.

Результаты анализа проб воздуха на содержание ПАУ представлены в табл. 5. Закономерно, что наибольшие концентрации ПАУ, как видно из этой таблицы, наблюдаются в приземном слое воздуха вблизи шоссе (на площадке № 3), где суммарное содержание ПАУ достигло 308 нг/фильтр, а превышение по бенз(а)пирену по сравнению с фоновым (на пло-

щадке № 1) равно 2,8. Однако содержание В(а)Р в фильтрах площадок № 4 и 6 также превышает фоновое в 2,1 и 3,9 раза, причем содержание бенз(а)пирена в фильтре площадки № 6 в 1,4 раза выше его содержания в фильтре, экспонированном в зоне влияния шоссе.

Содержание ПАУ в приземном слое воздуха

Необходимо добавить, что помимо отмеченного химического загрязнения растительности, почв, подпочвенных грунтов и водных объектов на территориях карьеров, оставленных на длительный период без консервации, наблюдается ухудшение состояния известняка как полезного ископаемого. В частности, при проведении сертификации сырья Жилетовского карьера (соседнего с Ново-Пятовским) было выявлено значи-

тельное снижение прочностных характеристик, а именно ухудшение дробимости известняков алексинского горизонта: образцы сырья при небольшой глубине зачистки борта карьера (до 20 см) не имели характерных для данных пород показателей дробимости, ранее соответствовавших марке «600». Это вызвано длительным атмосферным и температурным воздействием на вскрытые отработкой отложения и техногенно активизированным выветриванием.

На участке разработки известняка собственно Ново-Пятовского участка в районе площадки № 6 наблюдается заболачивание значительной площади к северу от сброса воды из водовода, обусловленное вынужденным длительным (в течение 40 лет) водопонижением уровня алексинского водоносного горизонта (продолжающимся и настоящее время) и малым углом наклона поверхности (рис. 14).

Таблица 2

Содержание ПАУ в системе «растительность–почва–подстилающий грунт»												
№ площадки	№ пробы	Интервал, м	Содержание ПАУ*, мкг/кг									
			В(а)Р	Phen	Antr	Flt	Pyr	BaA+Chrys	BbF+BkF	Db(ah)A	F	BPL
1	1-1P	растительность	0,6	46,0	1,0	2,0	13,0	5,0	1,0	0,0	0,0	1,0
	1-1A	0,00–0,05	0,6	4,3	1,7	2,6	8,6	2,8	0,7	0,0	0,0	0,0
	1-1Б	0,05–0,20	0,5	3,5	1,4	0,9	3,0	2,1	0,8	0,0	0,0	0,0
	1-2	0,20–0,35	0,8	5,7	2,3	0,8	3,0	1,4	0,5	0,0	0,0	0,0
3	3-1P	растительность	1,4	114,0	6,0	60,0	85,0	4,0	3,0	0,0	0,0	3,0
	3-1A	0,00–0,05	2,2	16,0	6,4	10,0	32,0	2,7	1,2	0,0	0,0	0,0
	3-1Б	0,05–0,20	2,4	11,4	4,6	7,0	23,0	2,4	1,0	0,0	0,0	0,0
	3-2	0,20–0,35	2,3	10,0	4,0	6,0	20,0	2,3	0,9	0,0	0,0	0,0
	3-3	0,45–0,50	2,0	3,0	2,0	0,0	7,0	2,0	0,0	3,0	90,0	3,0
	3-4	0,95–1,00	1,0	3,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	4,0	0,0	5,0
	3-5	1,45–1,50	3,0	3,0	2,0	4,0	10,0	2,0	0,0	5,0	20,0	6,0
4	4-1P	растительность	2,3	110,0	3,0	1,0	13,0	3,0	1,0	0,0	0,0	2,0
	4-1A	0,00–0,05	0,5	6,6	2,6	1,8	6,0	2,8	0,2	0,0	0,0	0,0
	4-1Б	0,05–0,20	0,4	4,7	1,9	0,9	3,0	0,8	0,6	0,0	0,0	0,0
	4-2	0,20–0,35	0,7	6,6	2,6	0,8	2,6	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0
	4-3	0,45–0,50	1,0	8,0	25,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	30,0	2,0
	4-4	0,95–1,00	5,0	6,0	0,0	0,0	32,0	2,0	0,0	0,0	30,0	20,0
	4-5	1,45–1,50	1,0	9,0	0,0	0,0	8,0	3,0	0,0	0,0	0,0	4,0
	4-6	1,95–2,00	4,0	7,0	1,0	0,0	7,0	10,0	0,0	0,0	20,0	8,0
6	6-1P	растительность	2,6	32,0	2,0	4,0	9,0	9,0	1,0	0,0	0,0	2,0
	6-1A	0,00–0,05	2,5	7,7	3,1	3,8	16,0	2,7	0,2	0,0	0,0	0,0
	6-1Б	0,05–0,20	2,4	9,0	3,6	5,5	18,0	1,6	0,5	0,0	0,0	0,0
	6-2	0,20–0,35	2,0	3,6	1,5	3,6	12,0	1,2	0,8	0,0	0,0	0,0
	6-3	0,45–0,50	9,0	6,0	13,0	0,0	78,0	53,0	0,0	12,0	0,0	10,0
	6-4	0,95–1,00	1,0	2,0	4,0	0,0	10,0	2,0	0,0	3,0	30,0	3,0
	6-5	1,45–1,50	14,0	19,0	2,0	0,0	14,0	10,0	0,0	2,0	0,0	1,0
	6-6	1,95–2,00	3,0	10,0	2,0	0,0	12,0	14,0	0,0	2,0	26,0	3,0
ПДК (почвы)			20,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* В(а)Р — бенз(а)пирен; Phen — фенантрен; Antr — антрацен; Flt — флуорантен; Pyr — пирен; BaA — бенз(а)антрацен; Chrys — хризен; BbF — бенз(б)флуорантен; BkF — бенз(к)флуорантен; BPL — бензперилен, Db(ah)A — дибенз(аh)антрацен, F — флуорен.



Таблица 3

Оценка источника загрязнения исследуемой территории ПАУ			
№ площадки	№ пробы	А	В
1	1-1А	> 1	> 0,1
3	3-1А	> 1	> 0,1
4	4-1А	< 1	> 0,1
6	6-1А	> 1	> 0,1ф

Рекомендации

В результате проведенных инженерно-экологических исследований можно сформулировать некоторые рекомендации по улучшению сложившейся на рассматриваемой территории экологической ситуации. Как известно, лучшим способом ликвидации негативных последствий, в частности, химического загрязнения является предупреждение этого загрязнения. Во всяком случае, по экономическим показателям для этого менее затратным является использование карьерной техники с электродвигателями либо с современными системами двигателей по сравнению с проведением масштабной площадной очистки приблизительно 3 млн м³ (150 га × 2 м). Невысокие уровни загрязнения прилегающей к Ново-Пятовскому карьеру территории связаны именно с использованием экскаваторов с электродвигателями.

Таким образом, недопущение к работе и замена старой техники на более совершенную, а также применение при разработке карьеров техники на электродвигателях позволяет существенно ограничить загрязнение окружающей среды.

Кроме того, в процессе горно-добычных работ необходимо проведение мониторинговых исследований для контроля динамики загрязнения, а также дальнейшего изучения его площадной зональности [7].



Рис. 14. Заболочивание территории к северу от карьера в районе площадки № 6, вызванное сбросом воды из водоотлива

После завершения добычных работ обязательно проведение горнотехнической рекультивации территории с непременным выполаживанием бортов карьера и использованием отвальных масс для засыпки выработанного пространства. На этом этапе возможно применение различных методов очистки грунтов [8] для полного экологического восстановления участка. При этом в период проведения второго этапа рекультивации наиболее эффективно применение биологических методов очистки [8]. Предпочтительным представляется метод биоочистки грунтов путем внесения в них культур микроорганизмов, поскольку почвенно-растительный слой территорий карьеров бывает фактически уничтоженным. Создание растительного покрова должно производиться с использованием характерных для дан-

Таблица 4

Содержание ПАУ в воде									
№ площад-ки	№ пробы	Содержание ПАУ, нг/л							
		B(a)P	Phen	Antr	Flt	Pyr	BaA+Chrys	BbF+BkF	BPL
5	5В	18,8	150,0	9,0	8,0	55,0	37,0	25,0	16,0
6	6В	6,1	100,0	4,0	5,0	30,0	20,0	6,0	1,0
ПДК в воде	для хоз.-быт.использ.	5,0	-	-	-	-	-	-	-
	для рыбохоз.использ.	1,0	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 5

Содержание ПАУ в приземном слое воздуха									
№ площад-ки	Содержание ПАУ, нг/фильтр								
	B(a)P	Phen	Antr	Flt	Pyr	BaA+Chrys	BbF+BkF	BPL	
1	1,2	60,0	1,2	6,0	28,0	53,0	1,0	3,0	
3	3,3	168,0	4,0	5,0	48,0	64,0	2,0	17,0	
4	2,5	67,0	2,0	3,0	33,0	24,0	1,0	10,0	
6	4,7	78,0	2,0	6,0	25,0	39,0	3,0	9,0	

ного района видов растений с учетом состава грунтов. Посадка сосен (как иногда предусматривается проектами) на суглинистых субплодородных грунтах как минимум нецелесообразна.

Выводы

1. В результате проведенного исследования выявлено наличие загрязнения территории, прилегающей к площади разработки месторождения строительных известняков, полициклическими ароматическими углеводородами и тяжелыми металлами.
2. Основным источником загрязнения среды ТМ и ПАУ при отработке МСМ являются выхлопы от работающего карьерного транспорта. В случае Ново-Пятовского месторождения это бульдозеры, применяемые на вскрышных работах, и автосамосвалы, вывозящие горную массу, а также взрывные работы.
4. Концентрации бенз(а)пирена на всей исследованной площади ниже ПДК. Однако наблюдается значительное превышение фонового уровня В(а)Р, а также других ПАУ в растениях, почвах и подстилающем грунте на площадках, расположенных с подветренной стороны от карьера.

5. Содержание бенз(а)пирена в воде, сбрасываемой из карьерного водоотлива и затем самотеком попадающей в поверхностные воды, превышает ПДК для воды хозяйственно-бытового использования.
6. Для предупреждения развития рассмотренных в статье негативных тенденций и ликвидации его последствий предложен ряд рекомендаций по технологии отработки МСМ и рекультивации карьеров. Таким образом, выполненные исследования показывают, что даже при разработке, казалось бы, «безобидных» карьеров на месторождениях строительных известняков происходит существенное нарушение эколого-геологических условий и загрязнение окружающей среды, включая приземный слой воздуха, растительность, почвы, подпочвенные грунты и водные объекты. ❏

Авторы выражают благодарность доценту геологического факультета МГУ Е.Н. Самарину за помощь в проведении химических анализов и обсуждение их результатов и ведущему научному сотруднику ГУ «НПО “Тайфун”» А.И. Шилиной за помощь в определении концентраций ПАУ в исследованных образцах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Габов Д.Н., Безносиков В.А., Кондратенко Б.М., Яковлева Е.В. Критерии оценки загрязнения почв полициклическими ароматическими углеводородами // Экология и промышленность России. 2008. № 11. С. 42–45.
2. География Калужской области. Тула: Приокское книжное издательство, 1975. 128 с.
3. Демография и ресурсы устойчивого развития Калужской области / под науч. ред. В.А. Семенова. Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2008. 248 с.
4. Доклад о состоянии природных ресурсов и охране окружающей среды на территории Калужской области в 2010 году. Калуга: Правительство Калужской области, Министерство природных ресурсов, экологии и благоустройства Калужской области, 2011. 195 с. URL: <http://admoblkaluga.ru/upload/minekolog/golovatskay/Doklad2010.pdf>.
5. Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения в 2009 г.: ежегодник. Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2010. 138 с.
6. Королев В.А. Актуальные эколого-геологические проблемы рационального недропользования в Российской Федерации // Геориск. 2010. № 2. С. 30-36.
7. Королев В.А. Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем: учебное пособие / под ред. В.Т. Трофимова. М.: КДУ, 2007. 416 с.
8. Королев В.А. Очистка грунтов от загрязнений. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. 365 с.
9. Красилов В.А. Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты. М.: Изд-во Института охраны природы и заповедного дела, 1992. 174 с.
10. Медведева С.Г., Королев В.А. Воздействие разработки месторождений строительных материалов на окружающую среду (на примере Ново-Пятовского карьера, Калужская область) // Материалы 22-й конференции молодых ученых, посвященной памяти чл.-корр. АН СССР К.О. Кратца, «Геология и геоэкология: исследования молодых», Апатиты, 8-10 ноября 2011 г. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2011. С. 27-30.
11. Медведева С.Г., Королев В.А. О необходимости проведения инженерно-экологических изысканий на предпроектной стадии строительства карьеров // Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии «Четырнадцатые Сергеевские чтения» на тему «Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий», секция «Совершенствование нормативной базы инженерных изысканий на предпроектных этапах строительства», Москва, ИГЭ РАН, 22 марта 2012 г. М.: РУДН, 2012. С. 345-349.
12. Медведева С.Г., Королев В.А. Содержание тяжелых металлов и полициклических ароматических углеводородов в системе «растение — почва — подстилающий грунт» на Ново-Пятовском карьере известняков (Калужская область) // Материалы 2-й Международной научно-практической конференции «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы», Воронеж, 4-6 октября 2011 г. Воронеж: КОМПЕР, Центр документации, 2011. С. 166-168.
13. Медведева С.Г., Королев В.А., Самарин Е.Н. Воздействие разработки месторождений строительных материалов на эколого-геологические условия // Ломоносовские чтения 15-17 ноября 2011 г., посвященные 300-летию со дня рождения М.В. Ломоносова. Секция «Геология». Подсекция «Инженерная и экологическая геология». М.: Изд-во МГУ, 2011. URL: <http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1186049&uri=medvedeva.html>.
14. Петров В.Г. Геологическое строение и полезные ископаемые Калужской области. Калуга: Эйдос, 2003. 439 с.
15. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологическая геология: учебник. М.: ЗАО Геоинформмарк, 2002. 415 с.
16. Тяжелые металлы: биологическая роль, содержание в почвах и растениях. 2010. URL: <http://www.masters.donntu.edu.ua/2010/feht/farafonova/library/article.html>.