

5. Ответственность за нарушение водного законодательства и загрязнение водных объектов [Электронный источник] – URL: <https://news.ecoindustry.ru/2020/10/otvetstvennost-zh-narusheniye-vodnogo/> (дата обращения: 22.10.2020)
6. Серные реки, кислотные берега. Сотни миллионов потрачены, а КУБ остается зоной экологического бедствия [Электронный источник] – URL: <https://properm.ru/news/society/168408/> (дата обращения: 22.10.2020)
7. Эксперты WWF выявили загрязнения рек ниже участков добычи золота протяженностью 2649 километров [Электронный источник] – URL: <https://wwf.ru/resources/news/altay/eksperty-wwf-vyyavili-zagryazneniya-rek-nizhe-uchastkov-dobychi-zolota-protyazhennostyu-2649-km/> (дата обращения: 22.10.2020)
8. Эти реки текут в никуда: загрязнение водоёмов стало системной проблемой [Электронный источник] – URL: <https://news.ru/investigations/eti-reki-tekut-v-nikuda-zagryaznenie-vodoyomov-stalo-sistemnoj-problemoj/> (дата обращения: 22.10.2020)
9. Чем опасны заброшенные шахты? [Электронный источник] – URL: <https://rostov.aif.ru/society/details/chem-opasny-zabroshennye-shahty-kakie-nepriyatnosti-grozyat-donskomu-krayu> (дата обращения: 22.10.2020)
10. Mining and Water Pollution [Электронный источник] – URL: <https://www.safewater.org/factsheets-1/2017/1/23/miningandwaterpollution> (дата обращения: 22.10.2020)
11. Mining and Water Pollution Issues in BC [Электронный источник] – URL: <https://www.protectfishlake.ca/media/amd.pdf> (дата обращения: 22.10.2020)
12. Miranda M., Sauer A., Shinde D. Mine the gap: connecting water risks and disclosure in the mining sector // World Resources Institute. – 2010. – Т. 2.
13. Ugya A. Y., Ajibade F. O., Ajibade T. F. Water pollution resulting from mining activity: an overview // Proceedings of the 2018 Annual Conference of the School of Engineering & Engineering Technology (SEET), The Federal University of Technology, Akure, Nigeria. – 2018. – С. 17– 19.

УДК 551.242.51; 504.54

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛИТОСФЕРЫ. ОТЛОЖЕННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ СИЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Жигалин А.Д. ^{1,2}, zhigalin.alek@yandex.ru; *Трофимов В.Т.* ², trofimov@rector.msu.ru;
Харькина М.А. ², kharkina@mail.ru; *Архипова Е.В.* ³, olenageo@mail.ru; *Лавров В.С.* ¹,
lavrov@ifz.ru

1– Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

2– Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия

3– Государственный университет «Дубна», г. Дубна, Моск. обл., Россия

Аннотация: Развитие промышленного производства и сопутствующая интенсификация добычи твердых полезных ископаемых карьерным и шахтным способами стали временной отметкой диалектического перехода количества антропогенного воздействия в качественный сдвиг энергетического баланса, когда «щадящее» антропогенное влияние сменилось «жестким» техногенным воздействием. С появлением Человека к естественным причинам возникновения экологических катастроф добавился антропогенный фактор, воздействие которого в наше время ощущается во всё возрастающей мере. Это нашло своё отражение в многоплановой техногенной трансформации литосферы, представляющей собой эколого – геологическую среду.

Ключевые слова: эколого – геологическая среда, добыча твердых полезных ископаемых, антропогенное воздействие, техногенная трансформация литосферы

PATTERNS OF TRANSFORMATION OF THE LITHOSPHERE. DELAYED EFFECTS OF SEVERE IMPACTS

*A.D. Zhigalin^{1,2}, zhigalin.alek@yandex.ru; V.T. Trofimov², trofimov@rector.msu.ru;
M.A. Kharkina², kharkina@mail.ru; E.V. Arkhipova³, olenageo@mail.ru; V.S. Lavrov¹,
lavrov@ifz.ru*

1– Schmidt Institute of Physics of the Earth of the RAS, Moscow, Russia

2– Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

3– Dubna State University, Dubna, Mosk.region, Russia

Abstract: The development of industrial production and the accompanying intensification of solid mineral extraction by quarrying and mining had been the time mark for the dialectical transition of the amount of anthropogenic impact into a qualitative shift in the energy balance, when the "sparing" anthropogenic influence was replaced by a "hard" technogenic impact. With the advent of Man, an anthropogenic factor was added to the natural causes of environmental disasters, the impact of which in our time is increasingly felt. This was reflected in the multifaceted technogenic transformation of the lithosphere, which is was an eco– geological environment.

Keywords: ecological and geological environment, mining of solid minerals, anthropogenic impact, technogenic transformation of lithosphere

Наиболее сложным и многогранным видом хозяйственной деятельности, обладающим высоким потенциалом воздействия на среду обитания, представляется горнодобывающая. Этот вид деятельности наиболее тесно связан с литосферой, поскольку предполагает, во – первых, добычу полезных ископаемых открытым или подземным способом, посредством горнопроходческих работ или бурения скважин, во – вторых, транспортировку добываемого продукта в пределах месторождения и, наконец, в – третьих, первичную, иногда глубокую, переработку продукта недалеко от места непосредственной добычи. Как правило, вблизи месторождений полезных ископаемых возникают поселки и сопутствующие производства, которые с течением времени превращаются в моногорода с развитой инфраструктурой. Тогда непосредственно горнодобывающая деятельность тесно переплетается с городской строительной и коммунальной деятельностью, производством электроэнергии, транспортной деятельностью и, таким образом, становится единым весьма мощным источником техногенного энергетического воздействия на среду и существенным фактором влияния на литосферу.

Великая индустриальная революция, произошедшая в ведущих государствах мира в XVIII—XIX веках и продолжающаяся в настоящее время практически повсеместно на земном шаре, определила начало антропогенного воздействия на литосферу. Литосфера является не только геологическим субстратом существующей биосферы, но также источником ресурсов, обеспечивающих энергетический и промышленный потенциал современной цивилизации. Вслед за ростом народонаселения и увеличения производимой и потребляемой энергии наблюдается возрастание тотального влияния технически хорошо оснащенного человечества на литосферу, неизбежно приводящую к ее трансформации.

Геологическая история показывает, что с начала фанерозоя (приблизительно 550– 570 млн лет тому назад) наша планета неоднократно испытывала потрясения, вызываемые как протеканием собственно земных процессов (катастрофические землетрясения, гигантские оползни, морские трансгрессии и регрессии, извержения вулканов и др.), так и влиянием внеземных факторов, в частности импактным воздействием космических тел на земную поверхность. Совсем недавно (по геологическим меркам времени), в антропогене, к эволюционным и «взрывным» природным процессам добавилось весьма осязаемое антропогенное (техногенное) воздействие на литосферу, которое способно «конкурировать» с природным влиянием на земные процессы. Человечество согласилось, что *homo habilis* (человек умелый, лат.) стал геологической силой, из чего следует, что процессы, протекавшие сотни, тысячи и даже миллионы лет, теперь могут совершаться, буквально, на глазах одного – двух поколений людей.

События, происходившие на поверхности нашей планеты, в литосфере, в зависимости от их энергетического потенциала, оставляли заметные следы – изменение видового разнообразия флоры и фауны, окаменелости, свидетельствующие о прошлых биосферах, артефакты, подтверждающие существование иных цивилизаций и отметины от ударов космических «гостей» – астроблемы. Так, палеонтологический анализ позволил получить фактический материал, подтверждающий случаи массового вымирания в период геологического времени от 450 – 440 млн. лет назад до 65 млн. лет назад. В перечень включены пять зафиксированных случаев самых массовых вымираний, однако можно предполагать гораздо большее их число [3].

Таблица 1 – Массовые вымирания в геологической истории Земли

Название	Геологическое время	Характеристика	Причина
Ордовикско-силурийское	450– 440 млн лет назад	Вымерло около 60% всех морских беспозвоночных	Точная причина не установлена; предполагается, что при сдвигении материка Гондваны к южному полюсу на фоне похолодания произошло понижение уровня Мирового океана
Девонское	374 и 359 млн лет назад	имело два пика, во время которых вымерло около 50% морских животных, исчезли 50% всех родов и 20% семейств, почти все бесчелюстные	основной причиной считается изменение уровня и кислородное обеднение. Мирового океана, связываемое с высокой вулканической активностью Земли; не исключается версия падения крупного внеземного тела, например, кометы
Великое пермское	250 млн. лет назад	Величайшее массовое вымирание, приведшее к исчезновению 95% всех видов животных: 70% наземных животных, 96% морских видов, более 57% родов насекомых затронуло даже микроорганизмы.	В качестве причин называют повышенную вулканическую активность, выброс с дна океана большое количество метана, приведший к губительной смене климата, столкновение Земли с огромным астероидом
Триасовое	200 млн. лет назад	Длилось в течение 10 тыс лет и считается скоротечным; вымерло 50% животных: 20% всех морских животных и большинство видов земноводных	возможной причиной называют распад Пангеи, вызванный падением большого астероида, что изменило погоду на планете
Мел–палеогеновое	65 млн. лет назад	Вымерли динозавры, погибло более 15% семейств морских и 18% сухопутных животных	наиболее известные теории в качестве причины рассматривают столкновение Земли с крупным астероидом или влияние излучения от взрыва сверхновой звезды; предполагается также, что животные не смогли приспособиться к новой кормовой базе были истреблены первыми млекопитающими
Шестое массовое	проойдет через 100 или	могут исчезнуть 75 % и более ныне существующих на	грядущее массовое вымирание может произойти полностью

	1000 лет	планете видов животного мира, в том числе человек	по вине человека; не исключены также столкновение с астероидом больших размеров и/или таинственной планетой Нибиру
--	----------	---	--

Из приводимой таблицы следует, что четыре из пяти установленных вымираний предположительно связываются с падением на Землю космических тел разного размера с образованием громадных кратеров и эффективным воздействием на обитателей планеты. Подтверждение этой точки зрения можно найти в монографии Тейяра де Шардена, в которой он приводит схему эволюции четвероногих в геологическое время от пермского периода (250 млн. лет назад) до, практически, наших дней. Приведенные в табл. 1 сведения показывают, что импактные воздействия на литосферу следует относить к категории сильных воздействий, оставляющих свой эколого – геологический след. Правда, этот след можно сравнить с фотографическим отпечатком, сохранившимся в течение многих веков. Во всяком случае естествоиспытатели не поднимали вопроса о каких-либо отдаленных последствиях этих событий, если, конечно, не обращать внимание на то, что в некоторых эпизодах наблюдалось исчезновение более половины видов живых организмов, как, например, при ордовикско – силурийском (60%) или великом пермском (95%) вымираниях всех видов животного мира. Более того, последствия этих чрезвычайных событий оцениваются как положительные, поскольку на смену ушедших представителей животного и растительного мира приходили более приспособленные к изменившимся условиям виды живой материи, осуществляя, таким образом, общий прогресс в эволюции биосферы.

Общей мерой оценки потенциала того или иного процесса (или совокупности процессов) может служить энергия, которая реализуется указанным процессом. Использование энергии в качестве критерия оценки во многом упрощает сопоставление глубины наблюдаемой трансформации наблюдаемого объекта (в нашем случае литосферы) и прогноз изменения его характеристик. Примером этого служит приводимая ниже табл. 2 [4].

Таблица 2. Воздействие на литосферу и его последствия

Уровень воздействия	Энергия воздействия, Дж	Геодинамические признаки	Характеристика проявления воздействия
Низкий	менее 10^6	Особые геодинамические признаки отсутствуют	Наблюдаемые изменения не выходят за рамки естественных процессов и не приводят к заметным нарушениям привычных геоэкологических условий
Умеренный	$10^6 - 10^8$	проявление экзогенных геологических процессов	наблюдаются заметные, выходящие за рамки фоновых, изменения окружающей среды и геоэкологической обстановки, не требующие специальных мероприятий
Высокий	$10^8 - 10^{10}$	обширные проявления экзогенных геологических процессов	наблюдаемые изменения в геоэкологической обстановке требуют специальных мероприятий для предотвращения или уменьшения негативных последствий воздействия
Опасный	$10^{10} - 10^{18}$	проявления эндогенных геологических процессов	разрушительные и катастрофические изменения в окружающей среде, сопровождаемые гибелью людей и значительным материаль-

			ным ущербом
Импактное воздействие	$10^{17} - 10^{23}$		
Землетрясения	$10^{10} - 10^{18}$		
Вулканические извержения	$10^{15} - 10^{18}$		
Ядерные взрывы	$10^{14} - 10^{18}$		

Середина прошлого XX столетия, наравне с «великой индустриальной революцией», стала вехой в поступательном движении цивилизации – человек овладел атомной энергией. Новый вид энергии сначала, как это прослеживается красной нитью через всю историю человечества, был опробован в качестве средства уничтожения себе подобных, т.е. как оружие. Результаты, как известно, превзошли все ожидания. Суммарная мощность сброшенных в 1945 г. на японские города гг. Хиросиму и Нагасаки бомб составила приблизительно $1,51 \cdot 10^{14}$ Дж, что оказалось сопоставимы с наиболее серьезными природными катастрофическими проявлениями (см. табл. 2). Это, к счастью, был единственный случай боевого применения нового вида оружия («оружия массового уничтожения»). В дальнейшем осуществлялись только испытательные взрывы на специальных полигонах.

Приводимая табл. 2 показывает, как близко мы, люди, используя свой энергетический потенциал, подошли к возможности оказывать воистину «геологическое» воздействие на литосферу и не только на нее. Пока только подошли. Однако этого уровня энергетической оснащенности оказывается достаточно, чтобы некоторые виды техногенного (антропогенного) воздействия на литосферу относить к категориям высокого и опасного уровней. Отвечающие этим категориям воздействия трансформируют литосферу одномоментно (при непосредственном воздействии), но также создают предпосылки для формирования так называемых «отложенных последствий», наблюдаемых по прошествии иногда значительного времени. Речь в данном случае идет не только о испытательных (военных) подземных взрывах, но и использовании ядерных технологий в мирных целях в рамках Государственной программы «Ядерные взрывы для народного хозяйства».

Всего в Советском Союзе за период с 1965 по 1988 гг. согласно официальным данным было проведено 124 промышленных взрыва практически на всей территории государства. Суммарная мощность промышленных взрывов на территории РФ составила почти 749 кт в тротиловом эквиваленте ($31,42 \cdot 10^{14}$ Дж) [5].

Подземные ядерные взрывы как технологический процесс развиваются по определенному алгоритму. При начальной стадии развития взрыва в горных породах возникают и распространяются тепловая волна, ударная волна и волна сжатия (сейсмическая или сейсмовзрывная волна). В результате в очаге ядерного взрыва образуется сферическая полость. Для большинства грунтов взрывная полость оказывается неустойчивой, вследствие чего происходит обрушение кровли и полость заполняется обломками породы с высоким содержанием радиоактивных материалов. Над полостью образуется коническая фигура с вершиной, обращенной вниз, к очагу взрыва. Если взрыв происходит в скальных грунтах, находящихся под слоем осадков, то полость, образовавшаяся после взрыва, также заполняется обломками, оставляя на поверхности просевший кратер.

Обычно радиоактивные продукты подземного взрыва в начальный момент времени находятся в его центре (гипоцентре) в виде высокотемпературной плазмы. До обрушения образовавшейся полости все радиоактивные вещества находятся в ее объеме. После обрушения кровли газообразные радионуклиды могут распространяться вверх по пустотам столба обрушения, зоны дробления и через раскрытые трещины. В силу этого центральную зону подземного ядерного взрыва можно считать могилищем твердых и жидких радиоактивных отходов в глубоких геологических формациях, но не оборудованном инженерными барьерами, препятствующими поступлению радионуклидов в окружающую среду. Кроме того, из центральной зоны взрыва возможно распространение радионуклидов с потоком грунтовых вод

и поступление их на поверхность как при последующей разработке месторождения полезных ископаемых, так и в результате разрушения искусственных и естественных барьеров на путях возможной миграции флюидов. Следует иметь в виду также, что при проведении ядерных взрывов на месторождениях углеводородов, возможно радиоактивное загрязнение добываемых нефти и газа. Эти обстоятельства вызывают необходимость организации в местах проведения промышленных взрывов различного типа радиационно – гигиенического (эколого – геофизического) мониторинга в течение всего времени существования объекта – подготовки взрыва, эксплуатации объекта вплоть до его вывода из эксплуатации и конверсии.

Принято считать, что при подземном ядерном взрыве на большой глубине проникающая радиация поглощается грунтом, радиоактивные продукты взрыва остаются в полости и заполняющей ее толще разрушенной породы. Однако при проведении мирных ядерных взрывов в нашей стране, согласно официальным данным, в четырех случаях произошло радиоактивное загрязнение территории. К 1994 г., спустя 20– 30 лет после проведения взрывов, также по официальным данным, в 24 случаях из 115 остались «локальные надфоновые загрязнения вокруг скважин» [1, 2]. Временная неустойчивость полостей, образовавшихся вследствие подземных ядерных взрывов, дает основание предполагать, что со временем возможно формирование аналогичных локальных «надфоновых» аномалий радиоактивности, превышающих санитарные нормативные показатели. С течением времени проблема «отложенных последствий» ядерных взрывов вырисовывается все отчетливее. Речь идет, в частности и о том, что подземные полости, образовавшиеся при проведении взрывов на больших глубинах (а это почти два десятка гигантских подземных газо – и нефтехранилищ, сооружённых в пластах каменной соли с помощью атомных взрывов), с течением времени не только накапливают радиоактивный рассол, но и выдавливают его к поверхности земли, что может заметно ухудшать радиационную обстановку. Некоторые из этих ёмкостей уже пришлось замуровать. Место, где был когда – то произведён подземный атомный взрыв, фактически становится захоронением радиоактивных отходов. Правда, оно скрыто в земной толще на глубине 1 – 2 км (хотя было зафиксировано 5 неудачных случаев, когда при подземном взрыве его продукты сразу же вырывались на поверхность). Но со временем подвижки земной коры, мигрирующие грунтовые воды, подверженные коррозии трубы и обсадные колонны могут привести к распространению радионуклидов. Поэтому места взрывов законодательством определены как ядерные установки в стадии вывода из эксплуатации, что требует долговременного расходования средств для контроля их состояния и поддержания в надёжной изоляции.

Специалисты в области радиогеоэкологии склоняются к тому, что атомные взрывы оказались неприемлемыми для строительных работ на поверхности земли (строительство каналов, водохранилищ, насыпных плотин и т.д.), поскольку даже небольшое радиоактивное заражение местности «перевешивает» полезность достигаемых целей. В силу этого существует необходимость изучения радио геоэкологической обстановки во всех местах проведения ядерных взрывов как «военных», так и мирных. Особенно это важно для мест перспективного промышленного и градостроительного освоения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кульпинов С.Н. Подземный ядерный взрыв., 2003<http://gochs.info/p0989.htm> 06.03.2018
1. Мирные ядерные взрывы в СССР. <http://brodjagchnik.livejournal.com/150000.html> обр. 20.05.2018
2. Пять самых массовых вымираний животных **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** 3.09.2018
3. Трофимов В.Т., Зиллинг Д.Г., Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д., Харькина М.А. Трансформация экологических функций литосферы в эпоху техногенеза. М.: Изд– во «Ноосфера», 2006. 720 с.

УДК 550.4.08

ИСТОЧНИКИ РАДИАЦИОННОГО ФОНА И ФАКТОРЫ ЕГО ТРАНСФОРМАЦИИ В НЕКОТОРЫХ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ РАЙОНАХ ЧЕРНОЗЕМЬЯ

*Ильяш В.В., Ильяш Д.В., vvikii@mail.ru, ldv98@mail.ru
Воронежский государственный университет, г. Воронеж.*

Аннотация: Приводятся данные по опытному радиогеологическому картированию с применением радиометра – дозиметра РКС – 107 по оригинальной методике, позволяющей измерять энергию гамма– излучения горных пород. Установлены её значимые различия для пород разного генезиса и минералогического состава. Сделан вывод о естественном радиационном фоне территории среднего течения бассейна р. Битюг, связанного с радиационными свойствами пород приповерхностного литологического массива.

Ключевые слова: источник, радиация, фон, трансформация, горнодобывающий район, Черноземье

Annotation: Data on experimental radiogeological mapping using the RKS – 107 radiometer–dosimeter using an original method that allows measuring the energy of gamma radiation from rocks are presented. Its significant differences for rocks of different Genesis and mineralogical composition are established. The conclusion is made about the natural radiation background of the territory of the middle course of the bityug river basin associated with the radiation properties of rocks of the near–surface lithological massif.

Key words: source, radiation, background, transformation, mining, Black Earth.

В геофизике за нормальное поле принимается расчетное для моделей Земли, а все реально существующие его вариации априори считаются аномалиями по той простой причине, что наши модели это всегда упрощение реальности. Так, например, обстоит дело с гравитационным, магнитным и тепловым полями. В принципе в этом ничего нет страшного. Не важно, какой уровень взять в качестве реперного, поскольку все системы отсчета относительные. Но вот для экологических целей такой подход сомнителен, по крайней мере, в отношении радиационного поля. Если вариации гравитационного и магнитного полей не очень обременительны для нас, то ионизационное является исключением, поскольку радиоактивный распад стали использовать для создания оружия массового поражения. Общепринято считать, что радиационный фон за счет испытаний во всех геосферах поднялся на более высокий уровень. Порог безопасности установлен в нашей стране в 30мкР/час. СанПин 2.6.1.2523 – 09 [1] предписывает не превышать годовую дозу облучения в 1мкЗв, но никто не знает величину естественного радиационного фона довоенного времени, которую следовало бы принять в качестве показателя нормы. Проблемы радиационного облучения тогда не существовало, и о коварстве радиации было известно лишь узкому кругу физиков– ядерщиков.

Достоверно известно, что естественная радиация сильно разнится по регионам Мира и основная причина в отличиях геологического строения. Если в Красноярском крае годовая доза равна 2,3 мкРЗв, то на знаменитых пляжах Гуанапари с монацитовыми россыпями в Бразилии уровень радиации 175 мкРЗв, а в районе радоновых горячих источников у городка Рам – Сер в Иране достигает 400мкРЗв. Таких примеров можно привести множество.

В данной статье её авторы делятся опытом радиогеологического картирования с оригинальной методикой использования радиометра – дозиметра РКС – 107 с работой на почве на третьем режиме при закрытой задней крышке, хотя её удаление регламентировано инструкцией, та как этот режим используется для регистрации альфа – частиц. С закрытой крышкой прибор регистрирует лишь энергию гамма – излучения. Однако данным способом