УДК
551.14:620.9

А.Э. Кокосадзе

ЛИТОСФЕРА ДЛЯ ПОДЗЕМНОЙ АТОМНОЙ И ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

Проанализированы объекты подземной энергетики, располагаемые в верхней части литосферы, показана их максимальная защищенность от внешних воздействий с минимальным нарушением окружающей среды. Представлено современное понимание неотектоники и теоретические оценки сейсмоактивности Земли.
Ключевые слова: литосфера, хранилища РАО, подземные гидроаккумулирующие электростанции, неотектоника, сейсмоактивность Земли.

По современным представлениям о строении Земной коры под литосферой подразумевают в ее континентальной части пространство от дневной поверхности (географической оболочки) до верхнего слоя астеносферы, состоящее из собственно Земной коры мощностью примерно 30 км (до так называемой граница Моха) и части верхней мантии, входящей в верхний слой Б. Гутенберга мощностью 70 км (итого около 100 км).

В настоящее время человечеством освоена только та ее часть, которая простирается до глубины чуть более 12 км (скважина РФ), рудстволы–около 5 км и проекты (США) гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС) – до 3 км.

Современное и перспективное развитие подземной энергетики предполагает сооружение на глубинах более 1,2 км емкостей нижнего бассейна (НБ) ГАЭС вместимостью не менее 2 млн куб. м, создание на глубинах 0,2–0,3 км и более хранилищ высокоактивных отходов (ВАО) и отработавшего (облученного) ядерного топлива (ОЯТ), размещение научно-исследовательских лабораторий (НИЛ) в диапазоне глубин 0,5 км и более.

Все это требует новых подходов к изысканию, проектированию, сооружению и эксплуатации, а также выводу из эксплуатации современных и перспективных подземных энергообъектов [1].

Литосфера подвержена воздействию следующих основных природных полей: гравитационного, сейсмонеотектонического, температурного, фильтрационного, физико-механического, радиационного и других, а также субдукции.

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 4. С. 200–204.
© 2017. А.Э. Кокосадзе.

Для больших глубин характерна недостаточная изученность распределения горного давления и возможных горных ударов, а так же инженерно-геологических и гидрогеологических условий необходимость учета геотермики (30 °С на 1 км глубины), сложность организации проходки вертикальных и других выработок и т.д.

В мировом опыте горнорудной промышленности известны сверхглубокие шахты; золотодобывающая глубиной 3,95 км в Индии, в ЮАР; «Тау-Тона» (около 5 км), «Витватеерсран» (более 4,5 км), Западная глубиной 3,9 км, «Мнопенг» (около 5 км), угольные и соляные шахты глубиной около 1, 5 км и т.д.

По современным воззрениям Земная кора состоит из 14 мегатектоноплит, и постоянно происходящие их подвижки и надвижки (или субдукции) приводят к росту сейсмовулканической активности на всех участках Земной коры. Можно ожидать, что подземная компоновка энергообъектов будет в 3—4 раза (в условных единицах) предпочтительнее наземной компоновки.

Анализ трещин в твердой литосфере показали возможность проявления сейсмоактивности в отдаленной перспективе практически в любой части Земного шара [27]. Это позволяет по-новому взглянуть на тенденции создания предприятий подземной энергетики как наиболее защищенных объектов человеческой деятельности в недрах Земли.

В настоящее время зафиксировано медленное перемещение монолитных плит Земли, как материкового происхождения, так и примыкающих к ним областей океанической коры вместе с самой верхней частью мантии. Этот процесс, охватывающий весь земной шар, получил название «новая глобальная тектоника» («неотектоника», «тектоника плит»). Основы неотектоники представительно подтверждены в процессе глубоководного бурения свыше 650 скважин во всех океанах в течение 1968—1983 гг. В 1983—1985 гг. были опубликованы первые результаты повторных лазерных спутниковых и радиоастрономических измерений географических координат на разных материках и океанах Земли, доказавшие реальность горизонтальных перемещений плит земной коры.

Для оценки возможности размещения в недрах Земли объектов ядерной и гидроэнергетики следует также принять во внимание результаты новейших теоретических исследований по обоснованию особого перколяционного механизма гравитационной дифференциации связной области трещин в твердой литосфере, приводящего к проявлению сейсмоактивности

региона в отдаленной перспективе практически в любой части Земного шара.

Это, возможно, заставит по-новому взглянуть на тенденции подземного размещения энергообъектов в недрах Земли, когда примерно половина нагрузок воспринимается окружающим горным массивом, а остальная – размещенным в нем так называемым инженерным барьером, под которым подразумевают крепь, например, для машинных залов ГЭС или ГАЭС, или мультибарьерные системы изоляции долгоживущих радионуклидов для АЭС или хранилищ РАО. Под последними подразумевают искусственные сооружения, создаваемые и изменяемые в процессе эксплуатации хранилищ человеком. В частности, они могут являться частью упаковки ВАО или ОЯТ, или конструкции самого подземного хранилища.

На современной стадии решения проблемы надежной изоляции ВАО и ОЯТ технически осуществимыми, экономически обоснованными и экологически и антитеррористически безопасными следует признать и практически рассматривать только те технологии, которые основаны на использовании глубинных геоформаций в сочетании с инженерными барьерами [1].

Наиболее приемлемыми для окончательного захоронения радиоактивных отходов (РАО) считают соляные и глинистые отложения, а также кристаллические массивы метаморфических и коренных пород, в том числе использование отработанных горных выработок в этих породах.

Во всех перечисленных выше подземных сооружений (хранилища РАО, ГАЭС [2, 3], а так же новое направление в энергетике – подземные кластеры ГАЭС–АЭС (атомные электростанции) [4]) используют вертикальные стволы, как для выдачи порода, так и водоводов (для ГАЭС) выдачи мощности на поверхность ГАЭС, ГАЭС–АЭС, вентиляции и т.д. По мере проходки глубоких стволов располагают станции измерения горного давления как для оценки его величины, так и построения эллипсоида напряжений, что позволяет оптимальным образом ориентировать как расположение машинных залов, так и выработок подземного НБ.

Напряжения в кристаллических породах на глубинах 0,5 км и более целесообразно рассчитывать по апробированной формуле Руммелса [5]:

$$\sigma_в = 0{,}027\ H,\ \text{МПа};$$
$$\sigma_в/\sigma_г = 250/H + 0{,}98,\ \text{МПа};$$
$$\sigma_{гI}/\sigma_в = 150/H + 0{,}65,\ \text{МПа};$$

где $\sigma_в$ – вертикальная составляющая естественных напряжений; $\sigma_г$ – горизонтальная составляющая естественных напряжений; $\sigma_{гI}$ – вторая составляющая естественных напряжений; *H* – глубина заложения выработки, м.

Таким образом, достижения современной геомеханики и науки о Земле, частности, и технологии ведения подземных работ позволяют предположить, что современные и перспективные проекты объектов подземной энергетики вполне осуществимы, защищены в максимальной степени от любых внешних воздействий и наносят минимальный ущерб окружающей среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Чесноков С. А.*,*Кокосадзе А. Э.*, *Фридкин В. М.* Инженерные сооружения подземной энергетики. Монография. – М.: Изд-во АСВ, 2015. – 120 с.

2. *Синюгин В. Ю.*, *Магрук В. И.*, *Родионов В. Г.* Гидроаккумулирующие электростанции в современной электроэнергетике. – М.: ЭНАС, 2008. –352 с.

3. *Кокосадзе А. Э.* Подземное гидроаккумулирование в энергетике // Горный информационный бюллетень. – 2015. – № 2. – С. 256–272.

4. *Кокосадзе А. Э.* Конструктивно-технологическиерешения подземных энергокомплексов ГАЭС-АЭС // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 6. – С. 259–262.

5. *Чесноков С. А.*, *Али Шекари Язди*. Перспективы использования туннелепроходческих буровых машин для создания долговременных хранилищ высокоактивных отходов // Проблемы развития транспортных и инженерных коммуникаций. – 2000. – № 3–4. – С. 32–39. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Кокосадзе Александр Элгуджевич – первый зам. генерального директора–исполнительный директор, АО «Институт Оргэнергострой», член Ядерного общества России, член Тоннельной ассоциации России.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 4, pp. 200–204.

UDC 551.14:620.9

A.E. Kokosadze

LITHOSPHERE FOR NUCLEAR AND HYDRO POWER ENGINEERING

Underground power stations inside the upper part of lithosphere are analyzed. The maximum protection them from outside pressure and minimum ecological destructions from them and so the temporary understanding of neotectonics and theory of seismic activity of Earth are presented.

Key words: lithosphere, repositories of nuclear wastes, underground hydro pumped-storage stations, neotectonics, seismoactivity of Earth.

AUTHOR

Kokosadze A. E., First Deputy General Director–Executive Director,
member of the Nuclear society of Russia, member of the Tunnel Association of Russia,
JSC «Institute Orgenergostroy», Moscow, Russia.

REFERENCES

1. Chesnokov S. A.,Kokosadze A. E., Fridkin V. M. *Inzhenernye sooruzheniya podzemnoy energetiki*. Monografiya (Engineering construction of underground energy. Monograph), Moscow, Izd-vo ASV, 2015, 120 p.
2. Sinyugin V. Yu., Magruk V. I., Rodionov V. G. *Gidroakkumuliruyushchie elektrostantsii v sovremennoy elektroenergetike* (Pumped storage plants in modern electric power industry), Moscow, ENAS, 2008, 352 p.
3. Kokosadze A. E. *Gornyy informatsionnyy byulleten'*. 2015, no 2, pp. 256–272.
4. Kokosadze A. E. *Gornyy informatsionnyy byulleten'*. 2011, no 6, pp. 259–262.
5. Chesnokov S. A., Ali Shekari Yazdi. *Problemy razvitiya transportnykh i inzhenernykh kommunikatsiy*. 2000, no 3–4, pp. 32–39.

ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

КВАЛИМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАМЕННЫХ СОЛЕЙ ПРИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИИ

Руденко В.В.[1], доктор технических наук, профессор, e-mail: rudenkov@bk.ru,
Шевчук С.В.[1], студент, e-mail: Shevchuk.Stepan@yandex.ru,
[1] МГИ НИТУ «МИСиС».

Дано краткое изложение обобщенного опыта по квалиметрической оценке твердых, россыпных и жидких полезных ископаемых. Изложена разработанная принципиальная структурная схема квалиметрической оценки месторождения каменных солей.

Ключевые слова: квалиметрия недр, парадигма, недропользование, оценка качества, управление, многофакторная геометризация, квалиметрическая оценка, усреднение.

QUALIMETRIC EVALUATION OF ROCK SALT IN THE SUBSOIL USE

Rudenko V.V.[1], Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: rudenkov@bk.ru,
Shevchuk S.V.[1], Student, e-mail: Shevchuk.Stepan@yandex.ru,
[1] Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia.

Qualimetry subsoil, as the area of mining science, was formed at the end of the XX century and today is a modern and relevant scientific direction. Scientific direction "Qualimetry subsoil" has been recognized in Russia and abroad (Mongolia, China, Kazakhstan, Uzbekistan, Germany, Bulgaria, Hungary, Kyrgyzstan, Syria) according to the results of scientific research, scientific presentations at International symposia, mine surveying congresses, invitations to lectures and grants obtained by students at STCY Exhibition Center, Moscow, STCY Novocherkassk, STCY St. Petersburg. The article gives a summary of the generalized experience of qualimetric evaluation of solid, loose and liquid minerals. Presented developed a schematic structural diagram of qualimetric evaluation of deposits of rock salts.

Key words: qualimetry subsoil, paradigm, subsoil use, quality assessment, management, multifactor geometrization, qualimetric evaluation, averaging.