

13. Marynich S. N., Kurepina V. A., Kornilov A. G. Azotnoe zagryaznenie vodnykh obektov yugo-zapadnykh rayonov Belgorodskoy oblasti [Nitrogen pollution of water bodies in the southwestern regions of the Belgorod Region]. *Sovremennye tendentsii razvitiya agrarnogo kompleksa. 11–13 maya 2016 g. v s. Solenoe Zaymishche na baze FGBNU «Prikaspiyskogo NII aridnogo zamledeliya»* [Modern Tendencies of Development of an Agrarian Complex. May 11–13, 2016 in Salted Zaymishche village on the basis of FGBIC "Caspian Research Institute of Arid Agriculture"], 2016, pp. 55–57.

14. Petin A. N., Shevchenko V. N., Petina M. A. *Issledovanie malyykh vodnykh obektov i ikh ekologicheskogo sostoyaniya* [Research of small water objects and their ecological state]. 2<sup>nd</sup> ed., add. and rev. Belgorod, Belgorod State National Research University Publ. House, 2012, pp. 244.

15. Syromyatnikova S. N., S Kolmykov. N., Kornilov A. G. Azotnoe zagryaznenie vodnykh obektov Belgorodskoy oblasti v selskokhozyaystvennykh i gornopromyshlennykh rayonakh [Nitrogen pollution of water bodies of the Belgorod region in agricultural and mining areas]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Yestestvennye nauki* [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences], 2012, no. 15, issue 20, pp. 173–177.

### **КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

*Веселко Алексей Юрьевич*, аспирант, младший научный сотрудник, Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, 683002, Российская Федерация, Камчатский край, г. Петропавловск-Камчатский, Северо-Восточное шоссе, 30, а / я 56, e-mail: ecocogy@yandex.ru

Рассмотрены факторы влияния на окружающую среду при строительстве и эксплуатации геотермальных электростанций. Предложена концептуальная модель воздействия эксплуатации геотермальных месторождений на окружающую среду. При составлении модели использовался информационный подход. Модель описана в формате IDEF. В настоящее время вопрос разработки концептуальной модели в геотермальной отрасли является мало изученным и соответственно актуальным. Цель моделирования – обобщить известные данные по негативному воздействию на окружающую среду при разработке геотермальных месторождений. Задачи исследования: изучить факторы негативного воздействия на окружающую среду при разработке геотермальных месторождений, разработать концептуальную модель воздействия эксплуатации геотермальных месторождений на окружающую среду.

**Ключевые слова:** геотермальное месторождение, геотермальная энергия, окружающая среда, загрязнение окружающей среды, концептуальная модель, микроклимат, природные термопроявления, теплоноситель, загрязнение атмосферы, загрязнение водоемов

### **CONCEPTUAL MODEL OF THE IMPACT OF GEOTHERMAL FIELD EXPLOITATION ON THE ENVIRONMENT**

*Veselko Aleksey Yu.*, post-graduate student, Junior Researcher, Geotechnical Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 30 Severo-Vostochnoe Highway, p.o. box 56, Petropavlovsk-Kamchatsky, Kamchatka Region, 683002, Russian Federation, e-mail: ecocogy@yandex.ru

The factors of influence on the environment during construction and operation of geothermal power plants are considered. A conceptual model of the impact of the exploitation

of geothermal deposits on the environment is proposed. An information approach was used to compile the model. The model is described in the IDEF format. At present, the issue of developing a conceptual model in the geothermal industry is poorly understood and relevant. The aim of the simulation is to summarize the known data on the negative impact on the environment in the development of geothermal deposits. Objectives of the study: to study the factors of the negative impact on the environment when developing geothermal deposits, to develop a conceptual model of the impact of the operation of geothermal deposits on the environment.

**Keywords:** geothermal deposit, geothermal energy, environment, environmental pollution, conceptual model, microclimate, natural thermal manifestations, coolant, air pollution, water pollution

Геотермальная энергетика является перспективным направлением альтернативной энергетики. Важной задачей стоит изучение факторов влияния на окружающую среду, которые оказывают воздействие в процессе выработки геотермальной энергии. Для систематизации и представления информации в удобном виде была разработана концептуальная модель воздействия эксплуатации геотермальных месторождений на окружающую среду.

Моделирование выполнялось в два этапа: сначала осуществлялось приобретение, систематизация и структуризация знаний, а затем представление полученной информации в формализованном виде.

В концептуальной модели приводятся сведения об объекте исследования (геотермальное месторождение), явления, оказывающие влияние на окружающую среду.

Концептуальная модель представляется в виде совокупности элементов. В данную совокупность включены все элементы, которые позволяют оценить картину в целом и соответствуют достижению поставленной цели моделирования.

**Определение понятия «воздействие на окружающую среду».** Окружающая среда – совокупность всех материальных сил и явлений природы, ее вещество и пространство, совокупность абиотических, биотических и социальных сред, совместно оказывающих влияние на человека и его хозяйство [1].

Право на благоприятную окружающую среду закреплено в Конституции Российской Федерации.

Эксплуатация геотермального комплекса оказывает воздействие на окружающую среду, в том числе и неблагоприятное. Необходимо уточнить, что мы понимаем под термином «воздействие на окружающую среду».

Воздействие на окружающую среду – любое отрицательное или положительное изменение в окружающей среде, полностью или частично являющееся результатом деятельности человека [2].

Факторы неблагоприятного воздействия на окружающую среду разнообразны. В каждом случае проявляются с разной степенью воздействия и зависят от многих причин: технологий, применяемых на месторождении, специфики геотермального месторождения – и обуславливаются спецификой местности (рельефа). Поэтому изучение данной проблемы является актуальным. Для ее решения необходимо идентифицировать важные факторы негативного воздействия на окружающую среду и представить их в виде концептуальной модели.

**Концептуальная модель воздействия эксплуатации геотермальных месторождений на окружающую среду.** Рассматриваемая концептуальная модель воздействия эксплуатации геотермальных месторождений на окру-

жающую среду представляет собой совокупность компонентов (геотермальное месторождение – окружающая среда) и взаимосвязь между ними.

При эксплуатации геотермального месторождения оказывается негативное воздействие на атмосферу, гидросферу, литосферу и биосферу. Факторы (процессы) воздействия, влияющие на окружающую среду, были представлены в двух группах: факторы воздействия на окружающую среду при строительстве геотермального комплекса и факторы воздействия при эксплуатации геотермальных месторождений.

При строительстве геотермального комплекса нарушается естественный рельеф местности. Строятся объекты геотермальной энергетики, линии электропередачи, дороги.

Средняя величина земельных нарушений в ходе строительства электростанции мощностью в 50 МВт оценивается в 0,85 км<sup>2</sup> [4]. Кроме того бурение скважин и ввод их в эксплуатацию приводит к понижению гидростатического уровня водоносных горизонтов. Данные изменения способствуют исчезновению природных термопроявлений.

Для добычи теплоносителя бурятся скважины. Стадия тестирования составляет до 60 дней. В это время уровень шума превышает предельно допустимые показатели и составляет 70–110 дБА [5].

Факторы влияния на окружающую среду при строительстве геотермального комплекса – загрязнение подземных и поверхностных вод, загрязнение атмосферы [3].

Во время эксплуатации месторождения факторы воздействия частично повторяются: загрязнение атмосферы и поверхностных водотоков, но за счет длительного времени воздействия негативный эффект на окружающую среду усиливается.

Одним из важных факторов воздействия является тепловое загрязнение и изменение микроклимата в регионе работы геотермального комплекса [6]. В зоне геотермальных месторождений формируются особые климатические условия. Именно они обуславливают специфичность животного и растительного сообществ в регионе. Нарушение микроклимата может вызвать гибель растений и миграцию животных. Извлечение теплоносителя в ряде случаев [7–8] приводит к проседанию земной поверхности. Данный процесс медленный, но через некоторое время изменение уровня земной поверхности становится заметно не вооруженным взглядом и приводит к появлению трещин и обвалов земной поверхности.

Необходимо отметить, что процесс выработки геотермальной энергии сопровождается загрязнением атмосферы и водоемов. Поступающий в атмосферу геотермальный пар содержит вещества, способствующие росту экологической напряженности. В выбросах содержатся такие вещества, как кислород, сероводород, аммиак, бор, мышьяк, ртуть. В атмосфере группа веществ (аммиак, бор, ртуть и др.) выщелачивается дождем, который вносит загрязнение в почву [9]. В сбрасываемом в водоемы теплоносителе присутствуют большие концентрации бора, мышьяка, ртути. Основными компонентами в составе жидкой фазы теплоносителя являются натрий, хлор, бикарбонаты, сульфаты, кремнезем, кальций, и калий. Кроме того в геотермальном теплоносителе содержится бор, сера, мышьяка, ртуть, литий. В высокотемпературном теплоносителе (> 150 °С) содержание растворенных веществ составляет

от 81 мг / л до 2500 мг / л, в теплоносителе умеренной температуры (90–150 °С) – от 1100 мг / л до 8200 мг / л [10].

Все рассматриваемые факторы влияния на окружающую среду отображены в концептуальной модели.

Концептуальная модель воздействия эксплуатации геотермальных месторождений на окружающую среду представлена на рисунке.

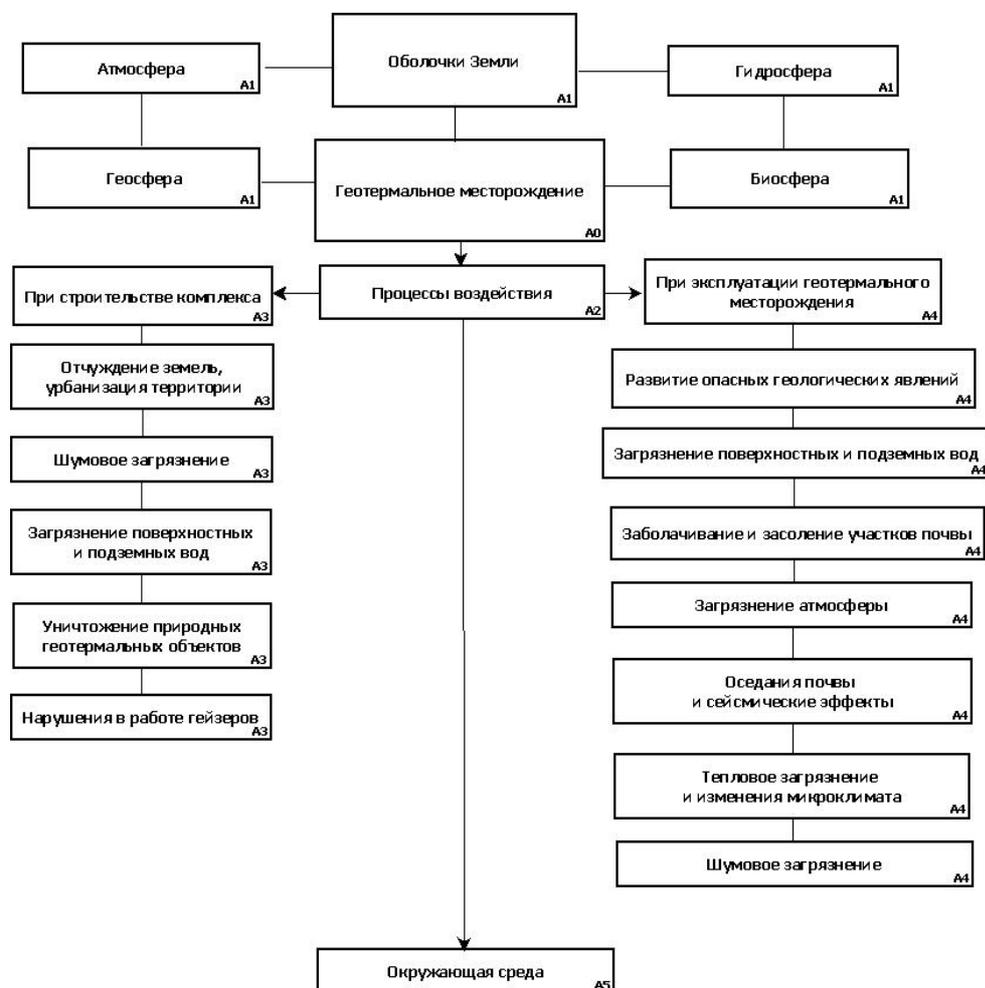


Рис. Концептуальная модель воздействия эксплуатации геотермальных месторождений на окружающую среду

По результатам проведенной работы были установлены факторы воздействия на окружающую среду, а также представлена концептуальная модель воздействия эксплуатации геотермальных месторождений на окружающую среду. Данная модель будет способствовать созданию методологии оценки воздействия на окружающую среду, а также поможет при разработке комплекса природоохранных мероприятий.

#### Список литературы

1. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю. – Кишинев : Главная редакция молдавской советской энциклопедии, 1990. – 406 с.

2. ГОСТ Р 14.12–2006. Экологический менеджмент. Интегрирование аспектов в проектирование и разработку продукции. – Введен 2008–07–01. – Москва : Стандартинформ, 2007. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200051441>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

3. Веселко А. Ю. Проблемы защиты окружающей среды при разработке геотермальных месторождений / А. Ю. Веселко // Горный информационно-аналитический бюллетень «Камчатка – 2». – 2015. – Специальный выпуск 63. – С. 275–280.

4. Bayer P. Renewable and Sustainable Energy Reviews / P. Bayer, L. Rybach, P. Blum, R. Brauchler. – 2013. – Vol. 26. – P. 446–463.

5. Wanqing C. Environmental impact of geothermal development in the Isafjardarbaer area, nw-iceland, Iceland / C. Wanqing // Geothermal training programme, Reykjavik, Iceland, Report. – 2001. – Vol. 2. – P. 1–26.

6. Pashkevich R. I. On environmental aspects of geothermal development / R. I. Pashkevich // Geothermal Resources Council, September 29 – October 2 1996, Portland, Oregon, GRC Transactions. – Vol. 20. – P. 241–243.

7. Baba A. Geothermal environmental impact assessment with special reference to the Tuzla, geothermal area, Canakkale, Turkey / A. Baba // Geothermal training programme. – Report 2003. – Vol. 5. – P. 75–114.

8. Kristmannsdóttir H. Environmental aspects of geothermal energy utilization / H. Kristmannsdóttir, H. Armannsson // Geothermics. – 2003. – Vol. 32. – P. 451–461.

9. Junfeng L. Environmental impact of geothermal development in the isafjardarbaerarea, Iceland / L. Junfeng // Training Programme Reykjavik, Iceland. – 2004. – Vol. 9. – P. 160–182.

10. Finser M. Geothermal produced fluids: Characteristics, treatment technologies, and management options / M. Finser, C. Clark, J. Schroeder, L. Martino // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2015. – Vol. 50. – P. 952–966.

#### References

1. Dedyu I. I. *Ekologicheskiy entsiklopedicheskiy slovar* [Ecological encyclopedic dictionary], Kishinev, Glavnaya redaksiya moldavskoy sovetskoy entsiklopedii Publ., 1990. 406 p.

2. GOST R 14.12-2006. Ecological management. Integration of aspects into product design and development. Introduced 2008–07–01. Moscow, Standardinform, 2007. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200051441>.

3. Veselko A. Yu. Problemy zashchity okruzhayushchey sredy pri razrabotke geotermalnykh mestorozhdeniy [Problems of environmental protection in the development of geothermal deposits]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten «Kamchatka – 2»* [Mining information and analytical bulletin "Kamchatka – 2"], 2015, special issue 63, pp. 275–280.

4. Bayer P., Rybach L., Blum P., Brauchler R. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013, vol. 26, pp. 446–463.

5. Wanqing C. Environmental impact of geothermal development in the Isafjardarbaer area, nw-iceland, Iceland. *Geothermal training programme, Reykjavik, Icelan, Report*, 2001, vol. 2, pp. 1–26.

6. Pashkevich R. I. On environmental aspects of geothermal development. *Geothermal Resources Council*, September 29 – October 2 1996, Portland, Oregon, GRC Transactions, vol. 20, pp. 241–243.

7. Baba A. Geothermal environmental impact assessment with special reference to the Tuzla, geothermal area, Canakkale, Turkey. *Geothermal training programme. Report*, 2003, vol. 5, pp. 75–114.

8. Kristmannsdóttir H., Armannsson H. Environmental aspects of geothermal energy utilization. *Geothermics*, 2003, vol. 32, pp. 451–461.

9. Junfeng L. Environmental impact of geothermal development in the isafjardarbaerarea, Iceland. *Training Programme Reykjavik, Iceland*, 2004, vol. 9, pp. 160–182.

10. Finser M., Clark C., Schroeder J., Martino L. Geothermal produced fluids: Characteristics, treatment technologies, and management options. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 2015, vol. 50, pp. 952–966.