



УДК 556.31(571.1-13)

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ КАК ИСТОЧНИК ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

О. В. Шиганова, А. А. Шевченко

Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия

Рассмотрены основные тенденции использования теплоэнергетических ресурсов подземных вод в России и в мире, а также история изучения термальных вод юга Западно-Сибирской плиты. Охарактеризованы основные водоносные комплексы, наиболее интересные с точки зрения использования их теплоэнергетических ресурсов. Дана ретроспектива государственных программ изучения и потенциального использования гидротермальных ресурсов административных единиц, географически входящих в рассматриваемую территорию. Отмечено, что в настоящее время такие программы по различным причинам свернуты, хотя есть примеры их успешного и эффективного использования в различных областях промышленности и сельского хозяйства. Обращено внимание на целый ряд положительных моментов применения геотермальных тепловых насосов в различных странах мира и в России для выработки тепловой энергии, в частности на их экологичность по сравнению с традиционными невозобновляемыми видами топливных ресурсов. Обоснованы предложения по дальнейшему изучению и использованию гидротермальных вод юга Западной Сибири. Реализация таких программ наряду с другими положительными результатами позволит решить проблемы теплоснабжения удаленных территорий и улучшить экологическую обстановку в регионе.

Ключевые слова: Западная Сибирь, подземные воды, водоносные комплексы, геотермальные ресурсы, геотермальные тепловые насосы.

GROUNDWATER IN THE SOUTH OF WEST SIBERIA AS A SOURCE OF HEAT RESOURCES POWER

O. V. Shiganova, A. A. Shevchenko

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

The paper discusses major trends in using heat power resources of groundwater in Russia and abroad. The authors describe previous studies of thermal water in the south of the West Siberian plate and characterise major aquifer systems, which are of outstanding interest due to their heat and power resources. Retrospective of public programmes aimed at study and potential use of hydrothermal resources in administrative units within the area of interest are considered. The authors note that such programmes were dismantled due to various reasons, although there are examples of their successful and efficient use in industry and agriculture. The experience of using geothermal heat pumps in Russia and other countries implies a number of positive aspects of their application in terms of heat generation and, in particular, their as environmental safety opposed to traditional non-renewable fuel resources. The authors give suggestions concerning the further study and use of hydrothermal water in the south of West Siberia. The realisation of such programmes will allow to solve the problem of heat supply for remote areas and improve ecological conditions in the region.

Keywords: West Siberia, groundwater, aquifer systems, geothermal resources, geothermal heat pumps.

DOI 10.20403/2078-0575-2017-4-104-109

Рынок геотермальной энергии обладает огромным потенциалом, поскольку она является значительно более стабильным источником, чем основная часть возобновляемых ресурсов (солнечной, ветряной, приливной энергии). Существуют три основных подхода к использованию тепловой энергии Земли.

Первый предполагает строительство **геотермальных станций** (ГеоЭС), на которых с помощью турбин энергия парогидротерм превращается в электричество. Геотермальная энергетика экономически эффективна там, где перегретые воды приближены к поверхности земной коры – в районах активной вулканической деятельности (Камчатка, Курилы). Большой интерес представляют также геотермальные ресурсы Северного Кавказа, Калининградской области, где имеются геотермальные месторождения. Общая мощность ГеоЭС в Рос-

сии составляет 81,9 МВт (для сравнения в Китае – 27 МВт, Турции – 397 МВт, Японии – 519 МВт, США – 3450 МВт) [9, 11].

Второй способ – передача тепловой энергии Земли для **прямого использования** в системах горячего водоснабжения и отопления. Он менее требователен к температурным условиям, чем выработка геотермальной электроэнергии, что позволяет применять его практически в любых географических точках. В России примерно половина извлекаемой геотермальной энергии используется для обогрева промышленных, общественных и жилых зданий, треть – для обогрева парниковых хозяйств, остальное – для бальнеологических и иных целей [13].

Третий способ – использование специальных **геотермальных тепловых насосов** (ГТН) для выработки и подачи тепла в системы отопления и во-

доснабжения. Это дает возможность использовать тепло низкопотенциальных источников (подземные воды с температурой от 5 °С и выше) [1, 6]. Применение ГТН позволяет значительно расширить ресурсный потенциал недр и массово его использовать для теплоснабжения отдельных зданий, небольших поселений и аграрных комплексов. В ряде случаев можно также использовать имеющиеся водозаборные скважины для теплофикации небольших объектов. Для теплофикации крупных объектов потребуется строительство геотермальных водозаборов с предварительной оценкой запасов термальных вод. Важным показателем перспективности освоения геотермальных ресурсов низкопотенциальных источников является их экологичность [6]. Применение ГТН значительно сокращает выбросы в атмосферу углекислого газа и других вредных соединений [6, 12].

Тепловые ресурсы подземных вод в России планомерно стали изучаться с 1956 г. после проведения АН СССР Первого Всесоюзного совещания по геотермическим исследованиям, ставшего итоговым в области теоретической и прикладной геотермии. Большой вклад в области исследования термальных вод России внесли специалисты ВСЕГИНГЕО: Б. Ф. Маврицкий, С. С. Бондаренко, Г. С. Вартамян, Р. И. Плотникова и мн. др. Весьма важны в развитии научно-прикладного направления в области изучения и использования термальных вод работы Б. Ф. Маврицкого, особенно его сводная монография «Термальные воды складчатых и платформенных областей СССР» [4]. По данным ВСЕГИНГЕО, прогнозные ресурсы термальных вод и парогидротерм (40–200 °С) только в трех регионах России (Западно-Сибирский, Восточно-Предкавказский и Азово-Кубанский) оцениваются в 1,16 млн м³/сут (23,3 млн Гкал/год) при фонтанном способе эксплуатации, 19 млн м³/сут (229,8 Гкал/год) – при насосном, установленная мощность ГеоЭС – 1000 МВт [5].

Несмотря на огромный теплоэнергетический потенциал подземных вод, они не рассматривались в качестве первоочередных источников энергетических ресурсов даже на географических территориях, не обеспеченных традиционными источниками. В настоящее время масштабы использования гидрогеотермальных ресурсов в России далеки от оптимальных [13].

Термальные воды юга Западной Сибири

Подземные воды Западной Сибири как теплоэнергетический ресурс рассматривались и оценивались с 1970-х гг. Материалы исследований представлены в работах Б. Ф. Маврицкого, Б. С. Ставицкого, Г. П. Богомякова, В. А. Нуднера, А. А. Розина, Г. Л. Самсонова, В. Г. Иванова и др. Исследования в северных и центральных районах Западной Сибири проводились на материалах опробования глубоких скважин на нефть и газ. Южнее Широтного Приобья широко использовались материалы по скважинам хозяйственно-питьевого водоснабжения, основным источником которых служат подземные воды покурской свиты (K₁₋₂).

Водонапорная толща осадочного чехла Западно-Сибирской плиты (ЗСП) разделена на два гидрогеологических этажа мощной глинистой толщей палеоцен-олигоцена. К нижнему этажу мезозойского возраста приурочены основные ресурсы теплоэнергетических вод Западной Сибири (рис. 1). Подземные воды с пластовыми температурами от +100 °С и выше сосредоточены в наиболее погруженных центральных и северных районах ЗСП. Геотермические градиенты составляют в среднем 2,7–3 °С на 100 м, в отдельных районах до 4–6,5 °С на 100 м [8]. При самоизливе скважин температуры подземных вод на устье снижаются на 5–12 °С в зависимости от глубины залегания водоносного горизонта.

Высокими перспективами на освоение теплоэнергетических ресурсов подземных вод обладают

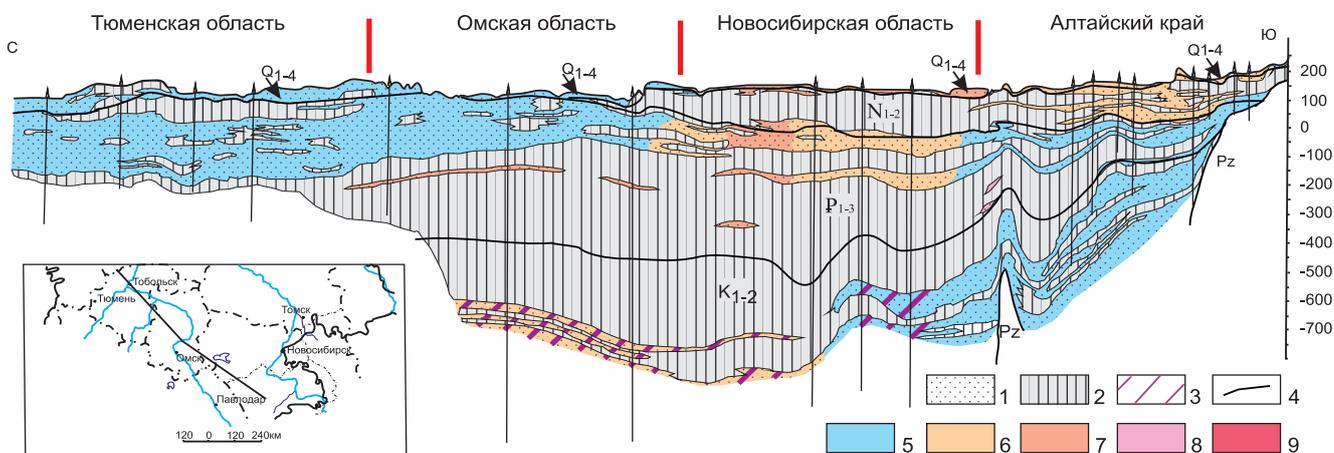


Рис. 1. Гидрогеологический разрез [3]

Породы: 1 – водовмещающие, 2 – водоупорные; 3 – термальные воды (>30 °С); 4 – стратиграфические границы; 5–9 – минерализация (г/дм³) и состав вод: 5 – до 1, HCO₃, Ca, Mg, Na; 6 – 1–3, HCO₃, Ca, Mg, Na; 7 – 3–10, Cl, Na, Ca, Mg; 8 – 10–20, Cl, Na, Ca, Mg; 9 – 20–50, Cl, Na, Ca



Прогнозные эксплуатационные ресурсы термальных вод Омской и Новосибирской областей [2]

Водоносный комплекс (горизонт)	Глубина залегания водоносных пластов	Температура подземных вод, °С		Прогнозные эксплуатационные ресурсы термальных вод	
		Пласт	Поверхность	Воды, тыс. м ³ /сут	Тепла, тыс. Гкал/год
Покурская свита (апт-альб-сеноман)	600–1500	До 60	До 40–47	184	916
Киялинская свита (готерив-баррем)	1450–2100	До 80	До 65	134	1479
Тарская свита (валанжин)	1800–2300	До 85	До 46	10	161

центральные и южные районы Западной Сибири, в недрах которой находятся высокочемные и высокодебитные хорошо проницаемые водоносные комплексы, расположенные на доступных глубинах в благоприятных геотермических условиях (см. таблицу).

Лучшими перспективами на термальные воды, по мнению многих исследователей, обладает водоносный комплекс меловых отложений в составе покурской свиты (апт-альб-сеноман), и в частности ее сеноманской части, широко используемой для хозяйственно-питьевого водоснабжения в южных районах Западной Сибири [10]. Глубина кровли комплекса от 150 до 1300 м, общая мощность от 200 до 800–1000 м. Напоры вод на большей части территории бассейна на 20–40 м выше дневной поверхности, температура воды на самоизливе +30–43 °С, дебиты самоизлива 10–25 л/с (рис. 2). Их теплоэнергетический потенциал столь велик, что в случае его реализации мог бы удовлетворить значительную долю потребности в тепловой энергии.

Наибольшее внимание исследователей привлекала так называемая Оконешниковская геотермическая аномалия, выявленная в верхах покурской свиты в 1960-х гг. в 200 км к юго-востоку от Омска при бурении скважины для водоснабжения. Вскрытые на глубине 1000–1100 м пластовые воды имели на устье температуру +40–47 °С, минерализацию 3,9–4,6 г/дм³ и дебиты самоизлива 860–1300 м³/сут [2]. Основным фактором формирования этой геотермической аномалии принято считать ее соподчиненность с зоной развития в фундаменте структур, сложенных породами магматического происхождения.

Водоносные комплексы валанжина и готерив-баррема (неоком) распространены на глубинах 200–2000 м и имеют общую мощность 500–1000 м. Пластовые температуры термальных вод в них увеличиваются до 53–85 °С. Избыточные напоры составляют 5–30 м, дебиты самоизлива – до 200 м³/сут. Ограничением для использования является резкое возрастание содержания солей (до 20–30 г/дм³).

Нижележащий водоносный комплекс юрских отложений, где пластовые температуры достигают +100 °С и более (до 140 °С), из-за низких дебитов скважин и высокой минерализации пластовых вод

(30–80 г/дм³) может быть использован лишь для разогрева теплоносителей.

Использование теплоэнергетических ресурсов подземных вод и программы развития базы гидротермальных ресурсов

Южные районы Западной Сибири (за исключением Кемеровской области) не обеспечены местными традиционными источниками теплоэнергетических ресурсов (нефть, газ, уголь). Структура использования гидротермальных ресурсов в регионе отличается от общероссийской. Субтермальные и низкопотенциальные термальные воды меловых и юрских отложений (глубины 1000–2800 м) используются в водолечебницах Омской, Томской и Новосибирской областей. В Таврическом, Нововаршавском районах Омской области и Чановском районе Новосибирской области на субтермальных водах покурской свиты созданы зимовальные рыболовные пруды. В Омской области разведано одно месторождение термальных вод (с. Чистово Оконешниковского района) в отложениях куломзинской и тарской свит (1755–1910 м) с запасами 10 тыс. м³/сут. Температура воды на устье скважины +60–65 °С. Воды хлоридные натриевые по составу, минерализация 18,7–21,3 г/дм³. Месторождение не эксплуатируется. По состоянию на 01.01.2003 в Новосибирской области работали тепловые насосы в шести населенных пунктах, используя ресурсы подземных вод мелового водоносного комплекса. В г. Карасуке для отопления отдельно расположенного здания площадью 6000 м² (средняя школа № 1) в качестве источника тепла на протяжении 25 лет используется артезианская вода из скважины с температурой на устье 24 °С. Теплонасосная установка состоит из двух тепловых насосов НКТ-300 общей тепловой мощностью 700 кВт. Объект запущен в 1992 г., стоимость геотермального тепла составляет около 40 % от стоимости тепла котельных в данном регионе, срок окупаемости составил 1,1 года [6].

Начиная с 1980-х гг. в ряде административных областей южной части Западной Сибири действовали региональные программы по оценке ресурсов геотермальных вод. Примером может служить «Программа развития ресурсов теплоэнергетических вод Омской области на 2005–2010 гг.», раз-

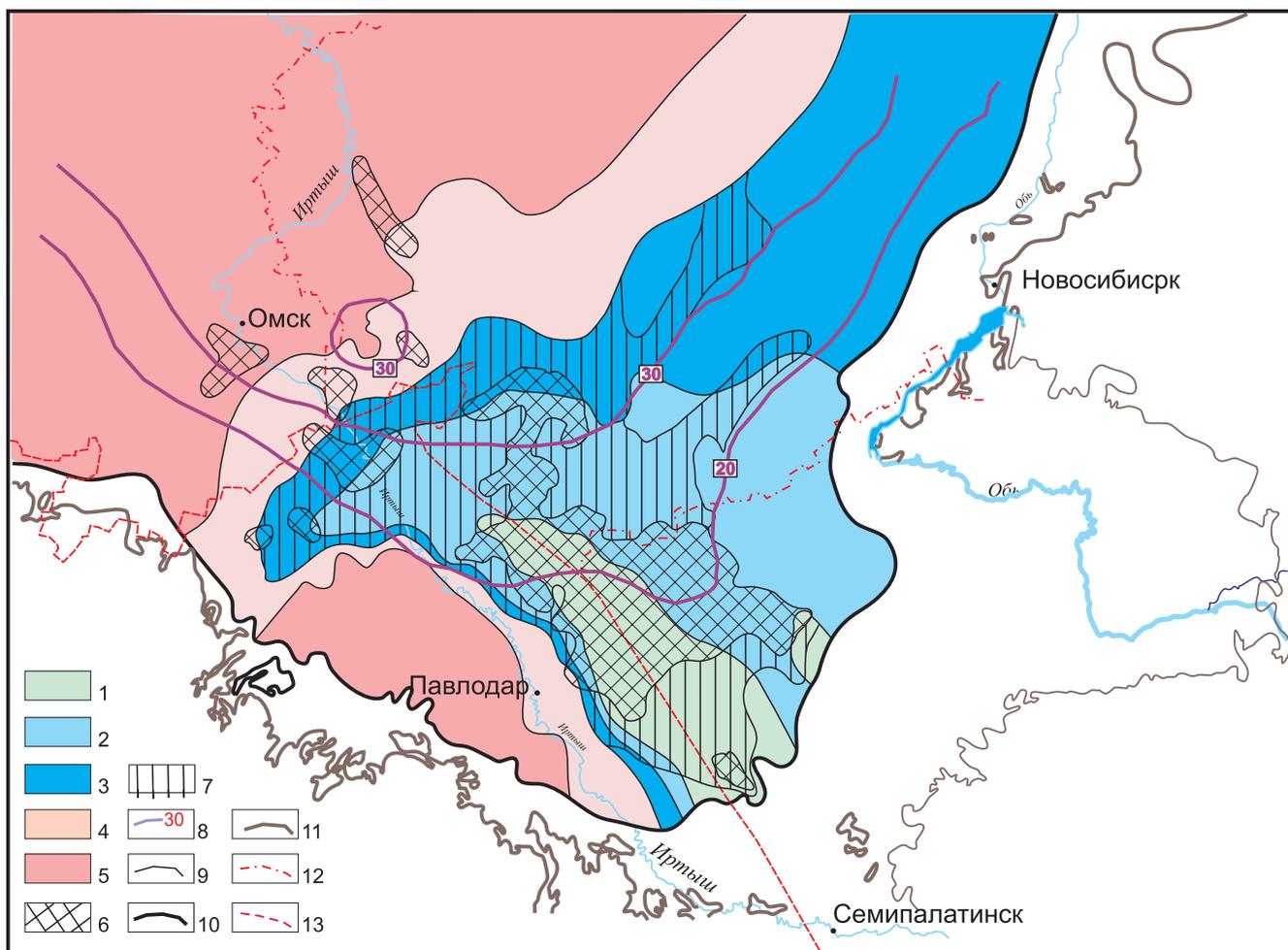


Рис. 2. Гидрогеологическая карта сеноманского водоносного комплекса юга Западной Сибири

Площади распространения вод с минерализацией (г/дм³): 1 – до 0,5, 2 – 0,5–1,0, 3 – 1,0–1,5; 4 – 1,5–3,0, 5 – более 3; площади по удельным дебитам скважин (л/с): 6 – более 1, 7 – 0,5–1,0; 8 – изотермы (на изливе); границы: 9 – площади, 10 – водоносного комплекса, 11 – Западно-Сибирской плиты, 12 – субъектов РФ, 13 – России

работанная МПриЭ РФ, ВСЕГИНГЕО и СНИИГГИМС. Финансирование мероприятий, включенных в Программу, планировалось за счет как федерального бюджета (1,3 млн руб.), так и недропользователей (2,4 млн руб.).

В Новосибирской области была принята областная целевая программа «Внедрение тепловых насосов на объектах топливно-энергетического комплекса на территории Новосибирской области на 1999–2002 г.», на основании которой в 26 населенных пунктах НСО были выбраны перспективные и очень перспективные объекты для установки ГТН.

К сожалению, по ряду причин в настоящее время такие программы свернуты и не развиваются.

Выводы

Анализ состояния и использования ресурсной базы термальных вод выявил некоторые аспекты, которым до настоящего времени уделялось недостаточное внимание.

Решение вопросов развития ресурсной базы теплоэнергетических вод как перспективного возобновляемого и экологически безопасного источни-

ка тепловой энергии должно быть направлено на определение реальных возможностей использования геотермальных ресурсов с учетом современной экономической, технологической и гидрогеологической ситуации в регионе.

Первоочередная задача – обоснование первоочередных объектов для геолого-экономической оценки эксплуатационных запасов природных теплоносителей в наиболее перспективных районах. Для ее решения необходимо:

- осуществить гидрогеотермическое районирование территорий с оценкой прогнозных ресурсов и теплофикационного потенциала подземных вод;
- разработать территориальные программы теплофикационного использования энергии геотермальных вод с помощью ГТН;
- оценить возможности совместного использования субтермальных вод для теплофикации и водоснабжения;
- исследовать экологические аспекты использования подземных вод для теплофикации, в том числе условия закачки отработанных минерализованных вод в недра.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Васильев Г. П.** Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли. – М.: Издательский дом «Граница», 2006. – 173 с.
2. **Геологическое** строение и полезные ископаемые Западной Сибири: Новосибирская, Омская, Томская области. Т. II. Полезные ископаемые / под ред. Н. А. Рослякова, В. Г. Свиридова. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1998. – 254 с.
3. **Гидрогеология СССР**. Т. XVI. Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области) / под ред. В. А. Нуднера. – М.: Недра, 1970. – 368 с.
4. **Маврицкий Б. Ф.** Термальные воды складчатых и платформенных областей СССР. – М.: Наука, 1971. – 241 с.
5. **Основные** проблемы воспроизводства ресурсной базы подземных вод России / В. С. Круподеров, В. В. Куренной, В. М. Лукьянчиков, Р. И. Плотникова // Разведка и охрана недр. – 2006. – № 2. – С. 2–7.
6. **Петин Ю. М.** Тепловые насосы // Состояние окружающей природной среды Новосибирской области в 1996 г. – Новосибирск, 1997. – С. 154–159.
7. **Примеры** использования некоторых теплонасосных установок большой мощности // Тепловые насосы. – Точка доступа: <http://teplo.in/index.php/ob-ekty>.
8. **Розин А. А.** Подземные воды Западно-Сибирского бассейна и их формирование. – Новосибирск: Наука, 1977. – 101 с.
9. **Свалова В. Б.** Комплексное использование геотермальной энергии в России и мире: проблемы и перспективы // Матер. II Междунар. науч.-практ. конф. «GEOENERGY». – Грозный, 2016. – С. 148–157.
10. **Шиганова О. В.** Сенومانский водоносный комплекс – источник трансграничных подземных вод многоцелевого использования в Западной Сибири // Тез. докл. IV Междунар. конгр. «Вода: экология и технология»: ЭКВАТЭК-2000. – М.: СИБИКО Интернэшнл, 2000. – С. 285–286.
11. **Bertani R.** Geothermal power generation in the World 2010–2014. Update report // Proceedings of World Geothermal Congress. – Melbourne, Australia, 2015. – 19 p. – Available at: <https://pangea.stanford.edu/ERE/db/WGC/papers/WGC/2015/01001.pdf>.
12. **Holihan P.** Analysis of geothermal heat pump manufactures survey data // Energy information administration / Renewable Energy 1998: Issues and Trends, 1998. – P. 59–66. – Available at: https://www.eia.gov/renewable/renewables/geo_hp_art.pdf.
13. **Svalova V., Potapov K.** Geothermal energy use in Russia. Country update for 2010–2015 // Proceedings World Geothermal Congress, 2015. – 5 p. – Melbourne, Australia, 2015. – Available at: <https://pangea.stanford.edu/ERE/db/WGC/papers/WGC/2015/01061.pdf>.

REFERENCES

1. **Vasilyev G.P.** *Teplokhadosnabzhenie zdaniy i sooruzheniy s ispol'zovaniem nizkopotentsial'noy teplovooy energii poverkhnostnykh sloev Zemli* [Heating and cooling of buildings and constructions with the use of low-grade heat energy of the Earth's surface layers]. Moscow, Granitsa Publishing House, 2006. 220 p. (In Russ.).
2. *Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye Zapadnoy Sibiri. T. II. Poleznye iskopaemye* [Geological structure and mineral resources of West Siberia. Volume II. Mineral resources]. Novosibirsk, SB RAS Publ., NITs OIGGM, 1998. 254 p. (In Russ.).
3. *Gidrogeologiya SSSR. T.XVI. Zapadno-Sibirskaya ravnina (Tyumenskaya, Omskaya, Novosibirskaya i Tomskaya oblasti)* [Hydrogeology of the USSR. T.XVI. West Siberian Plain (Tyumen, Omsk, Novosibirsk and Tomsk regions)]. Ed. V.A. Nudner. Moscow, Nedra Publ., 1970. 368 p. (In Russ.).
4. **Mavritsky B.F.** *Termal'nye vody skladchatykh i platformnykh oblastey SSSR* [Thermal water of folded and platform areas in the USSR]. Moscow, Nauka Publ, 1971. 241 p. (In Russ.).
5. **Krupoderov V.S., Kurennoy V.V., Luk'yanchikov V.M., Plotnikova R.I.** [Major problems of subsurface water reserves reproduction in Russia]. *Razvedka i okhrana nedr – Prospect and Protection of Mineral Resources*, 2006, no. 2, pp. 2–7. (In Russ.).
6. **Petin Yu.M.** [Heat pumps]. *Sostoyanie okruzhayushchey prirodnoy sredy Novosibirskoy oblasti v 1996 godu* [Environmental conditions in Novosibirsk Region in 1996]. Novosibirsk, 1997, pp. 154–159. (In Russ.).
7. [Examples of the use of some high-power heat pumps]. *Heat pumps* Available at: <http://teplo.in/index.php/ob-ekty>. (In Russ.).
8. **Rozin A.A.** *Podzemnye vody Zapadno-Sibirskogo basseyna i ikh formirovanie* [Groundwaters of the West-Siberian basin and their formation]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1977. 101 p. (In Russ.).
9. **Svalova V.B.** [Integrated use of geothermal energy in Russia and abroad: problems and prospects]. *Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "GEOENERGY", 9–11 dekabrya 2016 g.* [Proc. of the 2nd International Research to Practice Conference GEOENERGY, 9–11 December 2016]. Grozny, 2016, pp. 148–157. (In Russ.).
10. **Shiganova O.V.** [Cenomanian aquifer as a source of trans-border multi-purpose subsurface water in West Siberia]. *Chetvertyy mezhdunarodnyy kongress "Voda: ekologiya i tekhnologiya", Moskva, 30 maya – 2 iyunya 2000 g.* [Water: Ecology and Technology, the 4th international congress]. EKVATEK-2000 Proceedings. Moscow, SIBIKO International Publ., 2000, pp. 285–286. (In Russ.).
11. **Bertani R.** Geothermal power generation in the World 2010–2014. Update report. *Proceedings of World Geothermal Congress*. – Melbourne, Australia, 2015. 19 p. Available at: <https://pangea.stanford.edu/ERE/db/WGC/papers/WGC/2015/01001.pdf>.



12. Holihan P. Analysis of geothermal heat pump manufactures survey data. Energy information administration. *Renewable Energy 1998: Issues and Trends*, 1998, pp. 59–66. Available at: https://www.eia.gov/renewable/renewables/geo_hp_art.pdf.

13. Svalova V., Potapov K. Geothermal energy use in Russia. Country update for 2010–2015. *Proceedings World Geothermal Congress*, 2015, 5 p. Melbourne, Australia, 2015. Available at: <https://pangea.stanford.edu/ERE/db/WGC/papers/WGC/2015/01061.pdf>.

© О. В. Шиганова, А. А. Шевченко, 2017