

УДК 556.04

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АВТОНОМНОГО НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Шарапов Р.В.

*Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»,
г. Муром, e-mail: info@vanta.ru*

В работе рассматриваются вопросы организации мониторинга подземных вод. Приводятся основные параметры наблюдения за состоянием подземных вод. Чаще всего для оценки подземных вод проводятся замеры уровня, температуры, солёности воды и ее химического состава. Существующие методики предполагают периодическое наблюдение за подземными водами с участием человека. Тем не менее существуют решения для проведения автоматического измерения различных параметров подземных вод. Для этих целей могут использоваться автономные записывающие устройства (логгеры). Например, логгер Solinst Levelogger Edge Model 3001 позволяет осуществлять измерения температуры и уровня подземных вод и имеет время работы от батареи 10 лет. Для компенсации измерений уровня воды вследствие изменения атмосферного давления используется Solinst Barologger Model 3001. Коллектор данных Solinst Leveloader Gold Model 3001 позволяет собирать данные с логгеров в автономном режиме.

Ключевые слова: мониторинг, подземные воды, наблюдение, датчики, оборудование, карст

EQUIPMENT FOR AUTONOMOUS OBSERVATION OF GROUNDWATER

Sharapov R.V.

Murom Institute of Vladimir State University, Murom, e-mail: info@vanta.ru

The work deals with the organization of groundwater monitoring. The main parameters of the observation of groundwater are given. For groundwater assessment performed measurements of level, temperature, salinity and chemical composition. Existing techniques require periodic monitoring of groundwater involving human subjects. However, there are solutions for automatic measurement of various parameters of groundwater. For these purposes can be used autonomous recording equipment (loggers). For example, a logger Solinst Levelogger Edge Model 3001 allows the measurement of temperature and groundwater level and has a battery life of 10 years. To compensate for the water-level measurements due to changes in atmospheric pressure is used Solinst Barologger Model 3001. Data collector Solinst Leveloader Gold Model 3001 allows collecting data from loggers in autonomous mode.

Keywords: monitoring, groundwater, observation, logger, equipment, karst

Подземные воды являются важнейшим ресурсом, используемым для водоснабжения как населения, так и промышленных предприятий. Наблюдение за качеством и ресурсами подземных вод является важной задачей для недропользователей. Кроме того, подземные воды играют важную роль во многих процессах, протекающих в земной оболочке [7].

Дренируя породы, залегающие под земной поверхностью, подземные воды участвуют в развитии таких экзогенных процессов, как карст и суффозия. Карстовые процессы связаны с растворением пород — известняка, доломита, гипса, мела, каменной и калийной соли и т.д. В результате в породах образуются пустоты, приводящие к образованию карстовых провалов и воронок [2, 6]. Суффозия связана с выносом мельчайших частиц пород под действием подземных вод.

Активная роль подземных вод в водоснабжении и развитии экзогенных процессов вызывает необходимость проведения их всестороннего изучения и мониторинга [1].

Цель работы — рассмотреть основные параметры и приборы наблюдения за состоянием подземных вод.

Параметры наблюдения за подземными водами

В качестве основных параметров наблюдения за состоянием подземных вод могут использоваться [9]:

1. Уровень подземных вод [3] (м).
2. Температура подземных вод [5] (°C).
3. Солёность (проводимость) подземных вод.
4. Химический состав подземных вод (моль/дм³).

Дополнительно могут измеряться более специфические показатели [8, 10]:

1. Скорость движения подземных вод (м/с).
2. Коэффициент фильтрации подземных вод (м/сутки).
3. Коэффициент колебания дебита карстовых источников

$$K_e^D = \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}},$$

где Q_{\max} — максимальный расход карстового источника;

Q_{\min} — минимальный расход карстового источника.

4. Подземная карстовая денудация ($\text{м}^3/\text{км}^2\cdot\text{год}$).

5. Дефицит насыщения вод сульфатом кальция (мг/л).

6. Коэффициент колебания минерализации карстовых вод

$$K_6^M = \frac{C_{\max}}{C_{\min}},$$

где C_{\max} – максимальная минерализация карстовых вод,

C_{\min} – минимальная минерализация карстовых вод.

Произведение активностей ионов кальция и сульфатного, кальция и карбонатного.

Градиент выщелачивания ($\text{мг/л } 100\text{м}$)

$$g^M = \frac{C_L - C_0}{0.01 \cdot L},$$

где C_0 – начальная минерализация карстовых вод (мг/л);

C_L – конечная минерализация карстовых вод (мг/л);

L – длина отрезка измерения (м).

В настоящее время в России разработаны и широко используются методики получения сведений о режиме подземных вод, их температуре и химическом составе [3, 4, 5]:

- Методические рекомендации по организации и производству наблюдений за режимом уровня, напора и дебита подземных вод.

- Методические рекомендации по организации мониторинга подземных вод на мелких групповых водозаборах и одиночных эксплуатационных скважинах.

- Методические указания по производству наблюдений за режимом температуры подземных вод.

В качестве приборов для измерения в [4] рекомендуется использовать рулетки с электроуровнемерами, водомеры, термометры, протарированные емкости и секундомеры. Главный недостаток описанных методик – в необходимости съемки показаний человеком вручную.

Тем не менее в последние годы в мире активно развиваются автоматизированные системы сбора подобной информации. Автоматизация заключается как в возможности записи данных с различных датчиков в компьютерную системы, так и в полностью автоматическом режиме производства замеров.

Достаточно большое количество оборудования для наблюдения за подземными водами предлагает компания Solinst Canada Ltd [12].



Рис. 1. Набор автономных записывающих устройств (логгеров) для наблюдения за подземными водами

Для измерения уровня воды и ее температуры может использоваться Solinst Levellogger Edge Model 3001 (рис. 1). Он представляет собой автономное записывающее устройство (логгер), позволяющее регистрировать и хранить до 40000 измерений (120000 с использованием сжатия) уровня и температуры воды. Устройство снабжено батареей со сроком службы в 10 лет.

Solinst Levellogger Edge Model 3001 позволяет производить замеры с периодом от 0,125 секунд до 99 часов. Устройство оснащено оптическим инфракрасным интерфейсом, позволяет передавать данные по RS-232, USB, SDI-12.

При необходимости дополнительного замера солености воды может использоваться логгер Solinst LTC Levellogger Junior Model 3001. Он оснащен батареей со сроком служ-

бы в 5 лет и позволяет хранить 16000 измерений. Частота проведения замеров может варьироваться от 5 секунд до 99 часов.

Для компенсации измерений уровня воды вследствие изменения атмосферного

давления используется Solinst Barologger Model 3001. Одно устройство может использоваться для компенсации данных всех логгеров Levelogger в радиусе до 30 км и перепаде высоты до 300 м (рис. 2).

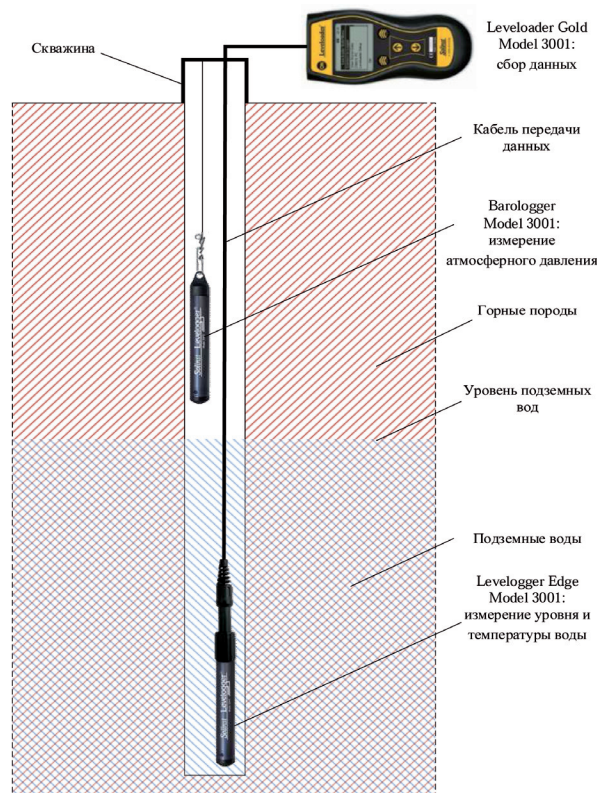


Рис. 2. Схема организации наблюдения за состоянием подземных вод

Особенностью описанных логгеров является то, что они способны накапливать данные без участия человека. Передача полученных данных пользователю может осуществляться в двух режимах:

- вручную – при извлечении логгера из скважины и подключении к компьютерной системе;
- автоматически – без извлечения логгера из скважины с использованием кабеля прямого присоединения к компьютеру.

Несмотря на то, что в первом случае для считывания данных логгер необходимо извлекать из скважины, его использование значительно отличается от [3–5]. Разница заключается в том, что логгер сам накапливает данные через заданные периоды времени и извлекается для их передачи пользователю. В случае использования методик [3–5] сами замеры производятся вручную человеком. Поэтому использование логгеров позволяет получать более полную информацию с большей частотой измерений.

Для осуществления автоматического сбора данных без извлечения логгера из скважины используется вариант с подключением кабеля прямого присоединения к компьютеру или автоматическому считывающему устройству. Для этих целей может использоваться коллектор данных Solinst Leveloader Gold Model 3001. Он позволяет хранить до 1390000 показаний уровня и температуры (LT) или 930000 показаний уровня, температуры и проводимости (LTC).

Подключение к Solinst Leveloader Gold Model 3001 системы телеметрии Solinst 9100 STS позволяет передавать данные, накопленные на различных постах наблюдения, в единый центр обработки. Для этих целей могут использоваться проводные Ethernet соединения, радиоканалы или беспроводная связь в стандартах GSM или CDMA. Такой вариант позволяет постоянно вести наблюдения даже на отдаленных и труднодоступных территориях [11].

Заклучение

Таким образом, применение современных решений позволяет организовать автономное автоматическое наблюдение за основными параметрами подземных вод без участия человека. Использование коллекторов данных и систем телеметрии позволяет производить постоянные наблюдения даже в труднодоступных участках. Такое решение позволяет более детально изучать территории со значительным потреблением подземных вод для водоснабжения и территорий с активными проявлениями карстовых и суффозных процессов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13–07–97510 р_центр_а.

Список литературы

1. Концепция государственного мониторинга подземных вод. – М.: МПР РФ, 1992. – 12 с.
2. Максимович Г.А. Основы карстования. – Т. 1. – Пермь: Пермское книжное издательство, 1963.
3. Методические рекомендации по организации и производству наблюдений за режимом уровня, напора и дебита подземных вод. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1983.
4. Методические рекомендации по организации мониторинга подземных вод на мелких групповых водозаборах и одиночных эксплуатационных скважинах. – М.: Государственный центр мониторинга геологической среды МПР России, 2000. – 27 с.
5. Методические указания по производству наблюдений за режимом температуры подземных вод. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1983.
6. Шарапов Р.В. Мониторинг экзогенных процессов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012. – № 2. – С. 39–42.
7. Шарапов Р.В. Переход от технических к природно-техническим системам // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012. – № 2. – С. 43–46.
8. Шарапов Р.В. Показатели наблюдения и оценки карстовых процессов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2013, № 1. – С. 28–34.
9. Шарапов Р.В. Принципы мониторинга подземных вод // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012. – № 3. – С. 27–30.
10. Шестаков В.М. Мониторинг подземных вод: принципы, методы, проблемы // Геоэкология, 1993. – №6. – С. 3–12.
11. Sharapov R.V. The generalized structure of the groundwater monitoring system // 13 international multidisciplinary scientific geoconference SGEM2013. Water resources. Forest, marine and ocean ecosystems. Conference proceedings. 16–22 June 2013, Albena, Bulgaria, 2013. P. 389–392.
12. Solinst Canada Ltd // <http://www.solinst.com/>

References

1. Konceptija gosudarstvennogo monitoringa podzemnyh vod [Concept of groundwater state monitoring]. Moscow, Ministry of Natural Resources, 1992, 12p.
2. Maksimovic G.A. Osnovy karstovedenija [Karst basics]. Volume 1. Perm: Perm Book Publishing House, 1963.
3. Metodicheskie rekomendacii po organizacii i proizvodstvu nabljudenij za rezhimom urovnja, napora i debita podzemnyh vod [Guidelines on the organization and production of observation mode level, pressure and flow of groundwater]. Moscow, VSEGINGEO, 1983.
4. Metodicheskie rekomendacii po organizacii monitoringa podzemnyh vod na melkih gruppovyh vodozaborah i odinocnyh jekspluatacionnyh skvazinah [Guidelines for the organization of groundwater monitoring in small group and individual intakes of production wells]. Moscow, State Center for Geological Environment Monitoring of Natural Resources Ministry, 2000, 27 p.
5. Metodicheskie ukazaniya po proizvodstvu nabljudenij za rezhimom temperatury podzemnyh vod [Guidance on the production of observation mode, the temperature of groundwater]. Moscow, VSEGINGEO, 1983.
6. Sharapov R.V. Monitoring jekzogennyh processov [Monitoring exogenous processes] – Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti, 2012, no. 2, pp. 39–42.
7. Sharapov R.V. Perehod ot tehniceskikh k prirodno–tehniceskim sistemam [The transition from the technical to the natural–technical systems] – Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti, 2012, no. 2, pp. 43–46.
8. Sharapov R.V. Pokazateli nabljudenija i ocenki karstovyh processov [Indicators for monitoring and assessment of karst processes] – Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti, 2013, no. 1, pp. 28–34.
9. Sharapov R.V. Principy monitoringa podzemnyh vod [Principles of groundwater monitoring] – Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti, 2012, no. 3, pp. 27–30.
10. Shestakov V.M. Monitoring podzemnyh vod – principy, metody, problemy [Groundwater monitoring – the principles, methods, problem] – Geoecology. 1993, no 6. pp. 3–12.
11. Sharapov R.V. The generalized structure of the groundwater monitoring system // 13 international multidisciplinary scientific geoconference SGEM2013. Water resources. Forest, marine and ocean ecosystems. Conference proceedings. 16–22 June 2013, Albena, Bulgaria, 2013. P. 389–392.
12. Solinst Canada Ltd // <http://www.solinst.com/>

Рецензенты:

Булкин В.В., д.т.н., профессор кафедры «Техносферная безопасность», Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Муром;

Орлов А.А., д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Физика и прикладная математика», Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Муром.

Работа поступила в редакцию 04.06.2014.