

**Изучение геотехногенной системы «водоносный пласт — скважина»
с использованием прецизионных наблюдений
на водозаборах Тюменской области**

А. Р. Курчиков^{1,3}, В. И. Козырев^{2,3*}

¹Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

²Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики
им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Тюмень, Россия

³Западно-Сибирский институт проблем геологии нефти и газа Тюменского индустриального университета, г. Тюмень, Россия

*e-mail: kozyrev-v@mail.ru

Аннотация. Представлен экспресс-метод исследования для изучения геотехногенной системы «водоносный пласт — скважина» при решении задач гидрогеологии. Экспресс-метод основан на применении прецизионных измерений уровня воды. Показаны область его применения и актуальность в современных условиях. Экспресс-откачки выполнены на водных объектах Тюменской области, на которых проведена оценка (переоценка) запасов пресных подземных вод. Сопоставительный анализ результатов экспресс-метода и традиционных методов показал хорошую их сходимость. Применение экспресс-откачек в практике гидрогеологических исследований на малых водных объектах является единственным инструментом для получения исходных материалов для подсчета (пересчета) запасов пресных подземных вод и дает возможность сократить материальные затраты при выполнении опытно-фильтрационных работ. Фиксация изменений значений коэффициента водопроницаемости посредством прецизионных измерений уровня воды при выполнении экспресс-откачек в мониторинговых исследованиях позволяет надежно и своевременно выявлять изменения фильтрационной среды.

Ключевые слова: прецизионные измерения; экспресс-откачки; подземные воды; Западно-Сибирский мегабассейн; геотехногенная система «водоносный пласт — скважина»; коэффициент водопроницаемости

**Study of the "aquifer-well" geotechnogenic system using precision
observations at the water intakes of Tyumen region**

Arkadiy R. Kurchikov^{1,3}, Vladimir I. Kozyrev^{2,3*}

¹Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

²West Siberian Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics
of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia

³West Siberian Institute of Oil and Gas Geology of Industrial University of Tyumen,
Tyumen, Russia
*e-mail: kozyrev-v@mail.ru

Abstract. An express research method is presented for studying the geotechnogenic system "aquifer-well" in solving problems of hydrogeology. The express method is based on the use of precision water level measurements. The scope of its application and relevance in modern conditions are shown. Express pumping was performed at water bodies of Tyumen region, where an assessment (reevaluation) of fresh underground water reserves was carried out. A comparative analysis of the results of express and traditional methods showed good convergence. The use of express pumping in the practice of hydrogeological research on small water bodies is the only tool for obtaining raw materials for the calculation (recalculation) of fresh groundwater reserves and makes it possible to reduce material costs when performing pilot filtration work. The recording of changes in the values of the conductivity coefficient by means of precision measurements of the water level during express pumping in monitoring studies allows you reliable and timely detection of changes in the filtration medium.

Key words: precision measurements; express pumping; groundwater; the West Siberian megabasin; "aquifer-well" geotechnogenic system; water conductivity coefficient

Введение

В настоящее время основным источником питьевого и технологического водоснабжения населения, объектов нефтепромыслов и промышленности в Западной Сибири являются подземные воды, которые содержатся в отложениях олигоцен-четвертичного возраста. Добыча подземных вод осуществляется малыми автономными групповыми водозаборами, одиночными водозаборными скважинами и крупными месторождениями подземных вод (МПВ). В процессе добычи подземных вод недропользователям необходимо решать ряд исследовательских задач, обозначенных лицензией. К числу основных задач можно отнести подсчет запасов подземных вод, мониторинг подземных вод. При решении указанных задач встает вопрос изучения геотехногенной системы «водоносный пласт — скважина» (ГТСВПС). При изучении определяются каптажные характеристики водозаборных скважин, удельный дебит, коэффициент водопроводимости, гидравлические потери геотехногенной системы «водоносный пласт — скважина» [1].

В данной работе рассматриваются методы изучения ГТСВПС. Показаны сходимость результатов традиционных методов и экспресс-исследований, актуальность применения экспресс-исследований в настоящее время.

Объект и методы исследования

Традиционно для получения достоверных гидрогеологических параметров и граничных условий водоносного горизонта проводятся опытные работы в виде длительных откачек, как правило, кустовых. Длительная продолжительность гидродинамических исследований является одним из существенных недостатков традиционных методов. В условиях действующих водозаборов на длительный период опытных работ могут оказывать отрицательное влияние изменения режима эксплуатации водозабора (отключение или включение отдельных скважин или всего водозабора). К тому же эти работы трудоемки, приводят к значительным затратам материальных средств. Несмотря на дли-

тельность, традиционные методы в ряде случаев не обеспечивают надлежащей точности определяемых параметров [2].

При мониторинговых исследованиях, когда необходимо контролировать динамику фильтрационной среды (изменения порового пространства водовмещающих пород) с определенной периодичностью, в кратчайшие сроки и с высокой степенью детализации изучаемой площади с целью предотвращения загрязнения подземных вод и своевременного реагирования на возможное загрязнение применимость традиционных методов также затруднительна.

Прецизионные измерения (ПИ) уровня воды в скважинах наиболее широко используются в сейсмоактивных районах [3–6]. На платформенных территориях ПИ применяются на отдельных объектах в ограниченном объеме, в основном для решения научно-методических задач [7–11].

Кратковременные откачки (экспресс-откачки), основанные на применении прецизионных наблюдений за уровнем подземных вод, принципиально отличаются от классических как по технологии, так и по точности измерения уровня [12]. Для получения исходной информации достаточно провести только кратковременное включение или отключение насосной установки в скважине (возбудить пласт) [13].

Прецизионные измерения (чувствительность регистрации уровня подземных вод до 1 мм) [2, 3, 7, 14] позволяют диагностировать изменения уровня в диапазоне периодов от секунд-минут до десятков-сотен суток [3].

Авторы считают, что интерес к использованию экспресс-откачек для изучения ГТСВПС у практиков-гидрогеологов необоснованно угасает. Во второй половине прошлого столетия кратковременные откачки были достаточно широко востребованы в процессе инженерно-геологических исследований при изучении фильтрационных свойств грунтов, а также в гидрогеологических исследованиях при пробных опробованиях водоносных горизонтов. Востребованность этих методов обуславливалась простотой интерпретации результатов исследований. В эпоху отсутствия компьютерных технологий в полевых условиях получение искомым параметров по длительным кустовым откачкам было весьма затруднительно. В наличии из инструментального аппарата у практика-гидрогеолога была лишь только одна логарифмическая линейка.

По мере появления и совершенствования компьютерных технологий возможность применения сложного математического аппарата для обработки исходного материала, полученного в процессе длительных кустовых откачек, в полевых условиях возрастает. Востребованность таких технологий в гидрогеологических исследованиях увеличивается.

Тем не менее экспресс-исследования не теряют своей актуальности и в настоящее время, в силу существующих недостатков традиционных методов, которые были рассмотрены ранее.

Кроме этого, водоснабжение небольших населенных пунктов и нефтепромыслов в Тюменской области осуществляется малыми автономными групповыми водозаборами и одиночными водозаборными скважинами (количество скважин 2–3, реже 4–5). Выполнить классические гидрогеологические работы на вышеобозначенных водозаборных участках почти не представляется возможным по указанным ниже причинам.

1. Водозаборы подземных вод являются водозаборами, уже существующими в сложившейся схеме и режиме эксплуатации.

2. Обычно такие водные объекты состоят из 1–2–3 водозаборных скважин, расположенных в линейный ряд, реже из 4–5, с площадным распо-

ложением. Расстояния между скважинами небольшие, как правило, меньше мощности пласта.

3. В работе находятся 1 или 2 скважины, расход которых составляет 30–50–100 м³/сут, реже 300–500 м³/сут. Кроме того, постоянно в течение суток объекты должны обеспечиваться водой [15].

В условиях, когда существуют ограничения по времени на опытно-фильтрационные работы; когда расстояния между водозаборными скважинами малы, в силу сложившейся схемы водозабора; когда величины возмущения скважин незначительны, единственным методом, позволяющим изучить ГТСВПС и получить исходный материал для выполнения прогноза понижений уровня подземных вод при подсчете запасов, является экспресс-метод.

Актуальность экспресс-исследований подчеркивается и при их применении в процессе мониторинга подземных вод, когда необходимо оперативно оценить состояние фильтрационной среды и скважины.

Методы, основанные на применении ПИ уровня воды в скважинах, были разработаны в 80–90-е годы прошлого столетия в лаборатории гидродинамики ЗапСибНИГНИИ [2, 12, 14]. Достаточно широко использовались в гидрогеологических исследованиях для изучения ГТСВПС на месторождениях пресных подземных вод (МПШВ) Тюменской группы [1, 16].

ПИ уровня воды в скважине с максимальной допустимой погрешностью до 1 мм осуществлялись обычным электроуровнемером посредством несложных операций:

- исследуемая скважина оборудовалась индивидуальным стационарным уровнемером, до начала опыта обеспечивалось натяжение (отвис в скважине) мерного провода в течение 1–2 часов;
- измерительная шкала, по которой регистрировались изменения уровня воды в скважине, имела миллиметровые деления, длина ее соответствовала ожидаемой амплитуде колебания уровня;
- отбивка уровня выполнялась однотипно в момент разрыва контакта между электродом уровнемера и мениском воды в стволе скважины;
- частота замера уровня воды назначалась с учетом ожидаемой величины вариации уровня;
- в качестве индикатора уровня воды использовались высокочувствительные миллиамперметры или звуковые датчики [17].

Экспресс-исследования для изучения ГТСВПС проводились в два этапа: подготовительный и опытный (на основе ПИ).

Подготовительный этап включал в себя обследование скважин для выяснения их технического состояния; оборудование скважин мерными рейками и стационарными электроуровнемерами; согласование режима опробования скважин с эксплуатирующей организацией.

Опытный этап предполагал режимное опробование скважины в течение 2–4 часов, с наблюдениями за дебитом и уровнем. Способ возмущения зависел от начальной стадии, в работающей до опыта скважине первоначально прослеживалось восстановление уровня при ее отключении, а в неработающей — снижение уровня при включении насоса. Гидродинамические параметры, а именно коэффициент водопроницаемости определялся по специально обработанным кривым восстановления (снижения) уровня.

Начиная с 2000-х годов, описанный выше метод стал широко применяться в гидрогеологических исследованиях и на водозаборах, расположенных в центральной части Широкого Приобья.

На изучаемых водных объектах в эксплуатации находится олигоценовый водоносный комплекс. На МППВ, расположенных в центральной части Среднеобского бассейна, — атлымский водоносный горизонт (ВГ). Глубина залегания кровли ВГ изменяется от 150 до 250 м, мощность варьирует в зависимости от наличия ММП от 70 до 110 м. Мощность продуктивного песчаного пласта в подошве горизонта составляет 30–50 м (рис. 1).

На МППВ Тюменской группы — атлым-новомихайловский (куртамышский) ВГ, кровля которого залегает на глубине 19–58 м, общая мощность горизонта достигает 55 м, при этом эффективная мощность составляет 12–26 м (рис. 2).

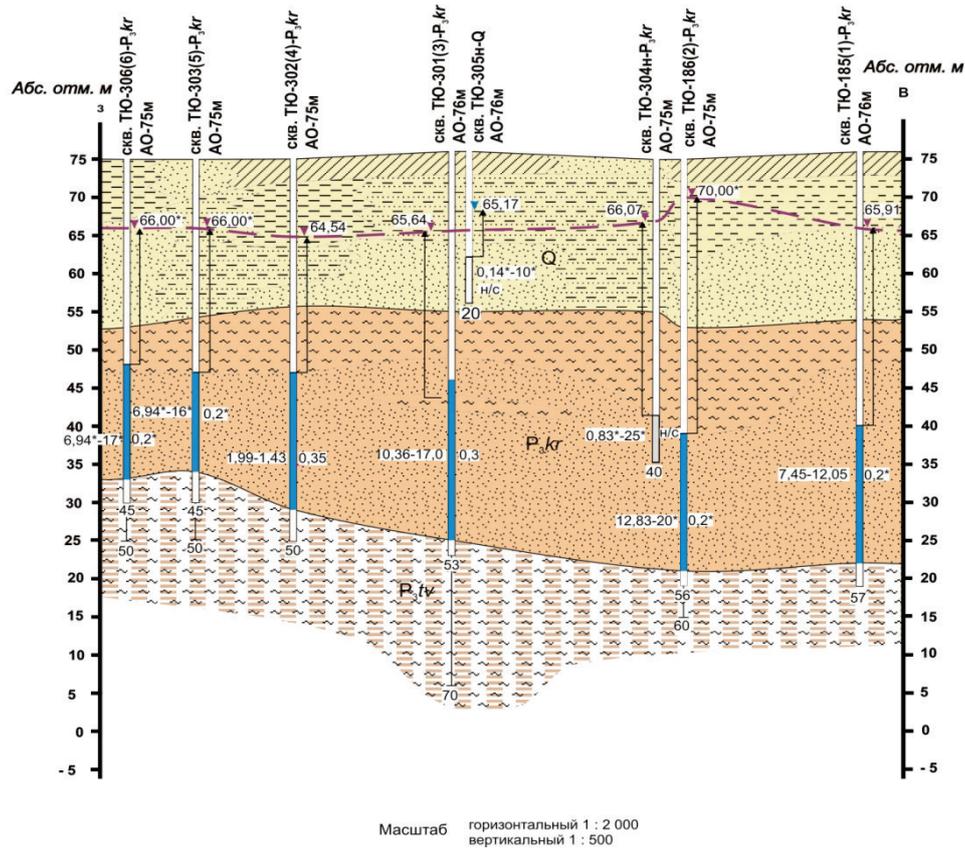


Рис. 2. Схематический гидрогеологический разрез Тюменской группы месторождений на примере Восточно-Тараскульского месторождения пресных подземных вод

Отложения продуктивного горизонта на месторождениях, как правило, представлены песками мелкозернистыми, переслаиванием песков и глин, глинами, глинами с прослоями песков и алевролитами. Сверху ВГ в пределах Нефтеюганского месторождения перекрыт реликтовыми ММП (мощностью 30–65 м) или глинистыми отложениями новомихайловской свиты, в пределах Восточно-Тараскульского месторождения — породами четвертичного возраста, подстилают горизонт глинистые отложения тавдинской свиты морского генезиса.

По химическому составу воды гидрокарбонатные и хлоридно-гидрокарбонатные различного катионного состава. По величине минерализации от весьма пресных до весьма слабосоленых от 0,2–1,3 г/дм³. Реакция воды (рН = 6,4–8,2 ед.) в основном нейтральная.

Общая жесткость, обусловленная суммарной концентрацией ионов кальция и магния, изменяется в пределах от 0,4 до 3,91 мг экв/дм³, по этому показателю воды классифицируются как от очень мягких до среднежестких.

Физические свойства воды характеризуются следующими величинами: запах изменяется от 0 до 3 баллов, вкус — от пресной до 5 баллов, цветность — от 5 до 232, мутность — от н.п.ч. до 31,5 мг/дм³.

Содержание общего железа колеблется от н.п.ч. до 9,3 мг/дм³, в единичных случаях до 40,6 мг/дм³.

Водоносные горизонты надтавдинской толщи представляют собой единую фильтрационную систему.

Питание водоносных горизонтов происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков на обширных междуречных пространствах, разгрузка осуществляется в долины рек, многочисленные водотоки, озера и понижения в рельефе посредством восходящего движения подземных вод. Часть воды расходуется на испарение и транспирацию [20].

Результаты

Рассмотрим результаты исследований экспресс-методом и степень их достоверности, сопоставив с результатами длительных кустовых и одиночных откачек на примере определения коэффициента водопроницаемости пласта на водных объектах центральной части Широкого Приобья.

Исследования экспресс- и традиционным методами выполнялись во время оценки и переоценки запасов пресных подземных вод в пределах рассматриваемой территории (рис. 3).

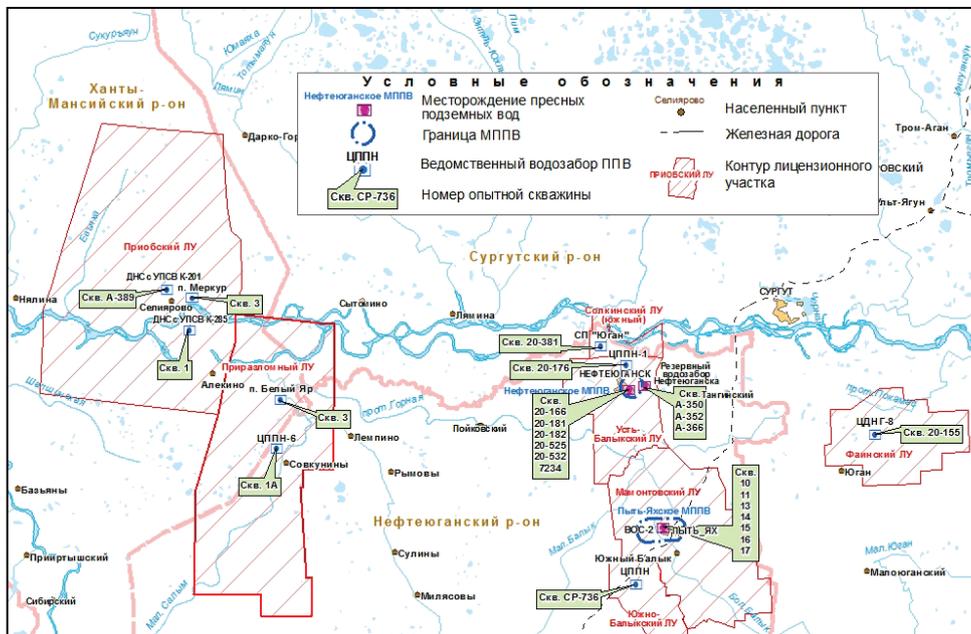


Рис. 3. Обзорная карта площади исследования

Длительные кустовые откачки выполнены на Нефтеюганском, Пыть-Яхском МППВ и на резервном водозаборе г. Нефтеюганска. Исследования проводились в период 2008–2018 гг. Продолжительность откачек варьировала от 1 до 120 суток.

Интерпретация опытных данных по наблюдательным скважинам кустовых откачек выполнена способом прямой линии (графоаналитическая обработка), строились графики временного прослеживания ($S-Ig t$).

На Нефтеюганском МППВ опытный куст состоял из двух возмущающих скв. 7498, 7499 и шести наблюдательных — 20-166, 20-181, 20-182, 20-525, 20-532, 7234. Наблюдательные скважины расположены от центра возмущения на расстояниях 40–156 м. Продолжительность опыта составила 120 часов. Опыт был начат 02.11.2016. Гидродинамическое возмущение в центре куста произведено при дебите $3\ 106\ \text{м}^3/\text{сут}$, понижение составило 8,464 м (скв. 7498) и 7,871 м (скв. 7 499). В наблюдательных скважинах понижение уровня достигло 0,682–5,620 м.

На Пыть-Яхском МППВ (ВОС-2) 17.08.2017 выполнена откачка продолжительностью 25 часов. В качестве центральной скважины выбрана скв. 12 (20-974), в качестве наблюдательных — скв. 10 (591), 11 (23-221), 13 (СР-102), 14 (20-471), 15 (20-475), 16 (20-470), 17 (20-472). Расстояния от центра возмущения до точек наблюдения — 89–310 м. Дебит возмущения составил $1\ 396\ \text{м}^3/\text{сут}$, понижение в центре — 8,202 м, в точках наблюдений — 0,142–0,315 м.

Кустовая откачка продолжительностью 96 часов проведена на резервном водозаборе г. Нефтеюганска 12.11.2008. Вода во время опыта откачивалась из скв. 1 (А-351). Дебит откачки составил $3\ 456\ \text{м}^3/\text{сут}$. В качестве наблюдательных скважин использовались скв. 3 (А-352), 4 (А-350) и 5 (А-366), расстояние до точки возмущения изменялось от 45,1 до 99,95 м. Понижение в центральной скважине достигало величины 8,91 м, в наблюдательных — 0,830–1,130 м.

Результаты кустовых откачек приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты определения коэффициента водопроницаемости пласта по опытным закономерностям, полученным в наблюдательных скважинах при производстве кустовых откачек

Название водного объекта	Дата опыта	Продолжительность опыта, час.	Номер наблюдательной скважины	Коэффициент водопроницаемости, $\text{м}^2/\text{сут}$
Нефтеюганское МППВ	02.11.2016	120	20-166	1 244
			20-181	287
			20-182	442
			20-525	814
			20-532	605
			7234	772
Пыть-Яхское МППВ (ВОС-2)	17.08.2017	25	10	1 649
			11	1 578
			13	1 645
			14	1 702
			15	1 727
			16	1 866
Резервный водозабор г. Нефтеюганска	12.11.2008	96	А-350	1 378
			А-352	1 332
			А-366	1 434

Экспресс-исследования проводились в период 2008–2010 гг. на малых автономных водозаборах, которые обслуживают поселки и нефтепромыслы Широкого Приобья. Продолжительность опытов варьировала от 30 минут до 2 часов. Интерпретация опытных закономерностей, полученных при одиночных откачках из скважин, выполнена также графоаналитической обработкой опытных данных способом прямой линии, строились графики временного прослеживания. В 2019 году на этих же водозаборах повторно были выполнены более длительные одиночные откачки, продолжительность которых составляла от 8 до 24 часов.

Результаты определений сведены в таблицу 2.

Значения коэффициентов водопроницаемости, полученные при интерпретации опытных данных кустовых откачек изменяются от 287 до 1 868 м²/сут; длительных одиночных откачек — 162–1 293 м²/сут; экспресс-исследований — 159–1 498 м²/сут (см. табл. 1). Чуть заниженные значения коэффициентов водопроницаемости, определенные по результатам одиночных откачек, говорят о несовершенстве опытных скважин, в отличие от значений, рассчитанных по результатам кустовых откачек в наблюдательных скважинах, в которых несовершенство опытной скважины не проявляется. Значения коэффициента водопроницаемости, определенные по результатам длительных одиночных откачек и экспресс-методом, почти совпадают.

Низкие значения коэффициентов водопроницаемости, полученные по Нефтеюганскому району в пределах и вблизи Нефтеюганского МППВ, объясняются анизотропией водовмещающих отложений.

Таблица 2

Результаты определения коэффициента водопроницаемости пласта по опытным данным одиночных откачек

Название водного объекта	Дата опыта	Продолжительность опыта, час.	Номер опытной скважины	Коэффициент водопроницаемости, м ² /сут
ЦППН-6 Приразломное МН	24.04.2008	2	1А	1 498
	05.06.2019	24		1 228
ЦППН Южно-Балыкское МН	14.07.2008	1	СР-736	159
	29.05.2019	11		162
ЦППН-1 Усть-Балыкское МН	09.09.2008	1	20-176	624
	22.05.2019	24		793
ЦДНГ-8 Фаинское МН	11.09.2008	0,67	20-155	987
	26.05.2019	23		1 049
ДНС с УПСВ к.201 Приобское МН	02.07.2010	1,67	А-389	967
	25.06.2019	6		1 071
ДНС с УПСВ к.285 Приобское МН	03.07.2010	0,5	1	1 193
	26.06.2019	8		1 205
СП «Юган» ЦППН Солкинское МН	29.06.2010	1,5	20-381	1 210
	19.06.2019	8		1 293
п. Меркур Приобское МН	01.07.2010	1,5	3	1 091
	18.06.2019	10		1 101
п. Белый Яр Приразломное МН	24.04.2008	1,5	3	626
	02.06.2019	48		693

Выводы

- Сопоставительный анализ данных таблицы 1 показывает достаточно хорошую сходимость результатов экспресс-метода, основанного на применении ПИ, и длительных опробований.
- Применение экспресс-откачек в практике гидрогеологических исследований на малых водных объектах является единственным инструментом для получения исходных материалов для подсчета (пересчета) запасов пресных подземных вод.
- Фиксация изменений значений коэффициента водопроницаемости посредством ПИ уровня воды при выполнении экспресс-откачек в мониторинговых исследованиях позволит надежно и своевременно выявлять изменения фильтрационной среды.
- Коэффициент водопроницаемости, определенный по результатам кратковременных одиночных откачек, является комплексным параметром, характеризующим всю ГТСВПС, что разрешает при прогнозных расчетах понижений уровня не учитывать (и не определять) дополнительное понижение уровня, обусловленное несовершенством скважины.
- Использование экспресс-откачек в полевых исследованиях позволяет уменьшить продолжительность исследований и тем самым сократить материальные затраты при выполнении опытно-фильтрационных работ.

Библиографический список

1. Козырев, В. И. Формирование гидравлических потерь на фильтрах скважин при отборе подземных вод / В. И. Козырев. – Текст : непосредственный // Межв. сборник научных трудов. – Тюмень : ТГУ, 1990. – С. 42–48.
2. Методика проведения опытно-фильтрационных работ на участках действующих водозаборов посредством прецизионных гидропрослушиваний / Н. И. Зенков, В. И. Козырев, С. Л. Костылев [и др.] . – Текст : непосредственный // Комплексное освоение минерально-сырьевых ресурсов Западной Сибири : сборник. – Тюмень, 1985. – С. 76–78. – (Тр. ЗапСибНИГНИ; Вып. 197).
3. Копылова, Г. Н. Статистический анализ прецизионных данных наблюдений за уровнем подземных вод в сейсмоактивном регионе (на примере скважины ЮЗ-5, Камчатка) / Г. Н. Копылова, А. А. Любушин, С. В. Болдина. – DOI 10.21455/si2019.1-1. – Текст : непосредственный // Сейсмические приборы. – 2019. – Т. 55, № 1. – С. 5–28.
4. Волейшо, В. О. Геодинамический режим Камчатско-Курильского и Сахалинского сейсмоактивного региона по данным ГГД-мониторинга / В. О. Волейшо, Г. В. Куликов, О. Е. Круподерова. – Текст : непосредственный // Разведка и охрана недр. – 2007. – № 5. – С. 20–24.
5. Опыт регистрации вариаций уровня и физико-химических параметров подземных вод в пьезометрических скважинах, вызванных сильными землетрясениями (на примере Камчатки) / Г. Н. Копылова, С. В. Болдина, А. А. Смирнов, Е. Г. Чубарова. – DOI 10.21455/si2016.4-4. – Текст : непосредственный // Сейсмические приборы. – 2016. – Т. 52, № 4. – С. 43–56.
6. Куликов, Г. В. Прогноз землетрясений по данным мониторинга гидрогеодеформационного поля / Г. В. Куликов, А. А. Рыжов. – DOI 10.5800/GT-2011-2-2-0041. – Текст : непосредственный // Геодинамика и тектонофизика. – 2011. – Т. 2, Вып. 2. – С. 194–207.

7. Методические аспекты прецизионного гидрогеологического мониторинга платформенных территорий (на примере геофизической обсерватории ИДГ РАН «Михнево») / Э. М. Горбунова, А. Н. Беседина, Е. А. Виноградов [и др.]. – Текст : электронный. – Москва, 2015. – С. 348–352. – URL: http://www.emsd.ru/static/library /2017_conf/090.pdf.
8. «Михнево»: от сейсмостанции № 1 до современной геофизической обсерватории / В. В. Адушкин, В. М. Овчинников, И. А. Санина, О. Ю. Резниченко. – Текст : непосредственный // Физика Земли. – 2016. – № 1. – С. 108–119.
9. Каплан, А. Ю. Анализ результатов использования автоматизированных средств измерений при ведении мониторинга подземных вод / А. Ю. Каплан, А. Ю. Пашнин. – Текст : непосредственный // Разведка и охрана недр. – 2007. – № 7. – С. 35–38.
10. Любушин, А. А. (мл.) Мониторинг приливных вариаций уровня подземных вод в группе водоносных горизонтов / А. А. Любушин (мл.), В. А. Малугин, О. С. Казанцева. – Текст : непосредственный // Физика Земли. – 1997. – № 4. – С. 52–64.
11. Исследование земноприливных колебаний уровня подземных вод на скважине «Обнинск» / А. Л. Багмет, М. И. Багмет, В. Л. Барабанов [и др.]. – Текст : непосредственный // Физика Земли. – 1989. – № 11. – С. 84–95.
12. Козырев, В. И. Прецизионные наблюдения в опытно-фильтрационных исследованиях / В. И. Козырев. – Текст : непосредственный // Материалы Всесоюзного совещания по подземным водам Востока СССР. – Иркутск–Чита : ВСЕГИНГЕО, ПГО «ЧИТА ГЕОЛОГИЯ», 1985. – С. 87–88.
13. Козырев, В. И. Способ определения фильтрации подземных вод. Удостоверение на рационализаторское предложение №21/86 / В. И. Козырев. – Тюмень : ЗапСибНИГНИ, 1986. – Текст : непосредственный.
14. Оценка основных гидрогеологических параметров при нестационарном режиме фильтрации / Н. И. Зенков, В. И. Козырев, С. Л. Костылев [и др.]. – Текст : непосредственный // Комплексное освоение минерально-сырьевых ресурсов Западной Сибири : сборник. – Тюмень, 1985. – С. 79–81. (Тр. ЗапСибНИГНИ; Вып. 197).
15. Козырев, В. И. Водоснабжение нефтепромыслов Западной Сибири пресными подземными водами в Среднеобском бассейне / В. И. Козырев. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2008. – № 5. – С. 1–9.
16. Козырев, В. И. Гидрогеологические исследования водозаборных скважин / В. И. Козырев. – Текст : непосредственный // Совершенствование методов изучения и оптимальное освоение подземных флюидных систем : сборник трудов. – Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1991. – С. 78–80.
17. Козырев, В. И. Электроуровнемер / В. И. Козырев, А. Д. Резник. – Удостоверение на рационализаторское предложение №12/86. – Тюмень : ЗапСибНИГНИ, 1986. – Текст : непосредственный.
18. Матусевич, В. М. Гидрогеологические бассейны Западно-Сибирской равнины / В. М. Матусевич. – Текст : непосредственный // Материалы Международного геологического конгресса. 27 сессия. – Т. IX, часть 2. – Москва : Наука, 1984. – С. 373–374.
19. Матусевич, В. М. Геофлюидальные системы и проблемы нефтегазоносности Западно-сибирского мегабассейна / В. М. Матусевич, А. В. Рыльков, И. Н. Ушатинский. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2005. – 225 с. – Текст : непосредственный.
20. Курчиков, А. Р. Изучение состояния фильтрационной среды эоцено-четвертичного гидрогеологического комплекса Западно-Сибирского мегабассейна / А. Р. Курчиков, В. И. Козырев. – Текст : непосредственный // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2015. – № 5. – С. 33–37.

References

1. Kozyrev, V. I. (1990). Formirovanie gidravlicheskih poter' na fil'trakh skvazhin pri otbore podzemnykh vod. *Mezhv. sbornik nauchnykh trudov. Tyumen, Tyumen State University Publ.*, pp. 42-48. (In Russian).
2. Zenkov, N. I., Kozyrev, V. I., Kostylev, S. L., Reznik, A. D., & Shutov, M. S. (1985). Metodika provedeniya opytно-fil'tratsionnykh rabot na uchastkakh deystvuyushchikh vodozaborov posredstvom pretsizionnykh gidroproslushchivaniy. *Kompleksnoe osvoenie mineral'no-syr'evykh resursov Zapadnoy Sibiri: sbornik. Trudy ZapSibNIGNI, (197), Tyumen*, pp. 76-78. (In Russian).
3. Kopylova, G. N., Lyubushin, A. A., & Boldina, S. V. (2019). Statistical analysis of precision water level data observations in a seismically active region (on example of the YuZ-5 well, Kamchatka). *Seismic Instruments, 55(1)*, pp. 5-28. (In Russian). DOI: 10.21455/si2019.1-1
4. Voleysho, V. O., Kulikov, G. V., & Krupoderova, O. E. (2007). Geodinamicheskiy rezhim Kamchatsko-Kuril'skogo i Sakhalinskogo seismoaktivnogo regiona po dannym GGD-monitoringa. *Prospect and protection of mineral resources, (5)*, pp. 20-24. (In Russian).
5. Kopylova, G. N., Boldina, S. V., Smirnov, A. A., & Chubarova, E. G. (2016). An experience in registration of water level and physical and chemical parameters of ground waters in the wells due to strong earthquakes (on the example of Kamchatka). *Seismic Instruments, 52(4)*, pp. 43-56. (In Russian). DOI: 10.21455/si2016.4-4
6. Kulikov, G. V., & Ryzhov, A. A. (2011). Earthquake prediction based on the hydrogeodeformation field monitoring data. *Geodynamics & Tectonophysics, 2(2)*, pp. 194-207. (In Russian). DOI: 10.5800/GT-2011-2-2-0041
7. Gorbunova, E. M., Besedina, A. N., Vinogradov, E. A., Kabychenko, N. V., & Svintsov, I. S. (2015). Metodicheskie aspekty pretsizionnogo gidrogeologicheskogo monitoringa platformennykh territoriy (na primere geofizicheskoy observatorii IDG RAN "Mikhnevo"). *Moscow*, pp. 348-352. (In Russian).
8. Adushkin, V. V., Ovchinnikov, V. M., Sanina, I. A., & Riznichenko, O. Y. (2016). Mikhnevo: from seismic station no. 1 to a modern geophysical observatory. *Izvestiya. Physics of the Solid Earth, 52(1)*, pp. 105-116. (In English).
9. Kaplan, A. Yu., & Pashnin, A. Yu. (2007). Analiz rezul'tatov ispol'zovaniya avtomatizirovannykh sredstv izmereniy pri vedenii monitoringa podzemnykh vod. *Prospect and protection of mineral resources, (7)*, pp. 35-38. (In Russian).
10. Lyubushin, A. A., Malugin, V. A., & Kazantseva, O. S. (1997). Monitoring of tidal variations of the underground water level in a group of water-bearing horizons. *Izvestiya. Physics of the Solid Earth, 33(4)*, pp. 302-313. (In English).
11. Bagmet, A. L., Bagmet, M. I., Barabanov, V. L., Grinevskiy, A. O., Kissin, I. G., Malugin, V. A., Rukavishnikova, T. A., & Savin, I. V. (1989). Issledovanie zemnoprilivnykh kolebaniy urovnya podzemnykh vod na skvazhine "Obninsk". *Izvestiya. Physics of the Solid Earth, (11)*, pp. 84-95. (In Russian).
12. Kozyrev, V. I. (1985). Pretsizionnye nablyudeniya v opytно-fil'tratsionnykh issledovaniyakh. *Materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya po podzemnym vodam Vostoka SSSR. Irkutsk - Chita, VSEGINGEO, PGO "CHITAGEOLOGIYA" Publ.*, pp. 87-88. (In Russian).
13. Kozyrev, V. I. (1986). Sposob opredeleniya fil'tratsii podzemnykh vod. *Udostoverenie na ratsionalizatorskoe predlozhenie No 21/86. Tyumen, ZapSibNIGNI Publ.* (In Russian).
14. Zenkov, N. I., Kozyrev, V. I., Kostylev, S. L., Reznik, A. D., & Shutov, M. S. (1985). Otsenka osnovnykh gidrogeologicheskikh parametrov pri nestatsionarnom rezhime fil'tratsii. *Kompleksnoe osvoenie mineral'no-syr'evykh resursov Zapadnoy Sibiri: sbornik. Trudy ZapSibNIGNI, (197). Tyumen*, pp. 79-81. (In Russian).

15. Kozyrev, V. I. (2008). Supply of West Siberia oil fields with underground fresh water in the middle ob area. *New of Higher Education. Neft' I Gas*, (5), 1-9. (In Russian).
16. Kozyrev, V. I. (1991). *Gidrogeologicheskie issledovaniya vodozabornykh skvazhin. Sovershenstvovanie metodov izucheniya i optimal'noe osvoenie podzemnykh flyuidnykh sistem: sbornik trudov.* Tyumen, ZapSibNIGNI Publ., pp. 78-80. (In Russian).
17. Kozyrev, V. I., & Reznik, A. D. (1986). *Elektrourovner. Udostoverenie na racionalizatorskoe predlozhenie No 12/86.* Tyumen. (In Russian).
18. Matusevich, V. M. (1984). *Gidrogeologicheskie basseyny Zapadno-Sibirskoy ravniny. Materialy Mezhdunarodnogo geologicheskogo kongressa. 27th sessiya. Tom IX, chast' 2.* Moscow, Nauka Publ., pp. 373-374. (In Russian).
19. Matusevich, V. M., Ryl'kov, A. V., & Ushatinskiy, I. N. (2005). *Geoflyuidal'nye sistemy i problemy neftegazonosnosti Zapadno-sibirskogo megabasseyna.* Tyumen, Tyumen State Oil and Gas University Publ., 225 p. (In Russian).
20. Kurchikov, A. R., & Kozyrev, V. I. (2015). *Izuchenie sostoyaniya fil'tratsionnoy sredy eotsen-chetvertichnogo gidrogeologicheskogo kompleksa Zapadno-Sibirskogo megabasseyna. Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse*, (5), pp. 33-37. (In Russian).

Сведения об авторах

Курчиков Аркадий Романович, д. г.-м. н., член-корреспондент РАН, профессор, заведующий кафедрой геологии месторождений нефти и газа, Тюменский индустриальный университет, директор Западно-Сибирского филиала Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Тюмень

Козырев Владимир Иванович, заведующий лабораторией, Западно-Сибирский институт проблем геологии нефти и газа Тюменского индустриального университета, научный сотрудник, Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Тюмень, e-mail: kozyrev-v@mail.ru

Information about the authors

Arkadiy R. Kurchikov, Doctor of Geology and Mineralogy, Corresponding Member, Russian Academy of Sciences, Professor, Head of the Department of Geology of Oil and Gas Fields, Industrial University of Tyumen, Director of West Siberian Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen

Vladimir I. Kozirev, Head of Laboratory, West Siberian Institute of Oil and Gas Geology of Industrial University of Tyumen, Researcher, West Siberian Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, e-mail: kozyrev-v@mail.ru