

ISSN 1810-9810 (Print)
УДК 504.4

В. П. Музыкин, В. К. Рыжова

*Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов,
Минск, Беларусь, e-mail: ryzhova.valeryia@mail.ru*

ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА УЧАСТКЕ БАСЕЙНА ПРИПЯТИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА

Аннотация. Выполнен сравнительный анализ изменения гидрологического и гидродинамического режимов поверхностных и подземных вод в бассейне Припяти в районе интенсивного их водоотбора (Мозырь и Микашевичи) с применением математической статистики. Для исследований использованы результаты мониторинга поверхностных и подземных вод национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС) в пунктах наблюдений, расположенных в данной части бассейна Припяти. На основе результатов статистической обработки данных наблюдений представлено обоснование основных факторов формирования режима подземных вод в современных условиях и выполнен прогноз изменения современного гидродинамического режима подземных вод для исследуемой территории.

Ключевые слова: грунтовые и напорные воды, гидродинамический режим, пункт наблюдения, мониторинг, многолетние колебания, разностные кривые, статистические данные

V. P. Muzykin, V. K. Ryzhova

*Central Research Institute for Complex Use of Water Resources,
Minsk, Belarus, e-mail: ryzhova.valeryia@mail.ru*

INVESTIGATION AND FORECAST OF CHANGES IN THE HYDRODYNAMIC REGIME OF GROUNDWATER IN THE AREA OF THE PRIPYAT RIVER BASIN BASED ON MONITORING DATA

Abstract. A comparative analysis of changes in the hydrological and hydrodynamic regimes of surface and groundwater in the Pripyat basin in the area of their intensive drainage (Mozyr and Mikashevichi) has been carried out using mathematical statistics. The results of monitoring of surface and underground waters of the National Environmental Monitoring System (NEMS) at observation points located in this part of the Pripyat basin are used for research. The substantiation of the main factors of the formation of the groundwater regime in modern conditions is given on the basis of the results of statistical processing of observational data. The forecast of changes in the modern hydrodynamic regime of groundwater for the studied area is made.

Keywords: groundwater, pressure water, hydrodynamic regime, observation point, monitoring, long-term fluctuations, difference curves, statistical data

В. П. Музыкин, В. К. Рыжова

*Цэнтральны навукова-даследчы інстытут комплекснага выкарыстання водных рэсурсаў,
Мінск, Беларусь, e-mail: ryzhova.valeryia@mail.ru*

ДАСЛЕДАВАННІ І ПРАГНОЗ ЗМЭНЫ ГІДРАДЫНАМІЧНАГА РЭЖЫМУ ПАДЗЕМНЫХ ВОД НА УЧАСТКУ БАСЕЙНА ПРЫПЯЦІ НА АСНОВЕ ДАДЗЕННЫХ МАНІТОРЫНГУ

Анотацыя. Выкананы параўнальны аналіз змены гідралагічнага і гідрадынамічнага рэжымаў паверхневых і падземных вод у басейне Прыпяці ў раёне інтэнсіўнага іх водаадбору (Мазырь і Мікашэвічы) з прымяненнем матэматычнай статыстыкі. Для даследаванняў выкарыстаны вынікі маніторынгу паверхневых і падземных вод нацыянальнай сістэмы маніторынгу навакольнага асяроддзя (НСМНА) у пунктах назіранняў, размешчаных у дадзенай частцы басейна Прыпяці. На аснове вынікаў статыстычнай апрацоўкі дадзеных назіранняў прадстаўлена абгрунтаванне асноўных фактараў фарміравання рэжыму падземных вод у сучасных умовах і выкананы прагноз змены сучаснага гідрадынамічнага рэжыму падземных вод для даследчай тэрыторыі.

Ключавыя словы: грунтавыя і напорныя воды, гідрадынамічны рэжым, пункт назірання, маніторынг, шматгадовыя ваганні, рознасныя крывыя, статыстычныя дадзеныя

Введение. Гидрогеологические расчеты, в том числе исследование режима подземных вод, требуют надежных исходных данных о гидрогеологической обстановке на изучаемой территории. В первую очередь относятся условия залегания, основные гидродинамические параметры колебаний уровней и фильтрации подземных вод. В практике для определения этих параметров могут применяться и данные регулярных режимных наблюдений. Имея мониторинговые данные, можно оценить расчетные гидродинамические характеристики потоков подземных вод на характерные периоды временных рядов и в целом получить требуемую оценку изменения их во времени. Для достоверной оценки взаимовлияния поверхностных и подземных вод требуется получение информации о параллельных соотношениях уровней поверхностного водного объекта и подземных вод.

В пределах исследуемой территории наблюдения за режимом поверхностных вод, уровнями грунтовых (УГВ) и напорных (УНВ) вод для условий их формирования, близких к естественным, проводятся на участках гидрологических и гидрогеологических постов НСМОС, а для нарушенных условий – специальных режимных сетях водозабора подземных вод Лучежевичи (Мозырь) и карьеров РУПП «Гранит» (Микашевичи). Для оценки изменения режима подземных вод в пределах исследуемой территории в условиях взаимовлияния с поверхностными водами использован метод сравнительного гидрогеологического анализа с элементами математической статистики. Закономерности многолетних колебаний уровней поверхностных и подземных вод на участках постов статистически оценены по следующим направлениям: 1) использование многолетних (за 1989–2020 гг.) среднемесячных данных изменения уровней воды в реках, уровней УГВ и УНВ на участках гидрогеологических постов и построение на их основе хронологических графиков и разностных интегральных кривых по методикам [1–3]; 2) выделение ритмичности хода уровней поверхностных и подземных вод в многолетнем разрезе и построение кривых модульных коэффициентов их изменения [1–3]; 3) оценка статистического распределения уровней путем расчета коэффициентов относительного положения уровней УГВ и УНВ для характерных сезонных периодов наблюдений (весна и лето).

Применение графиков разностных интегральных кривых позволило проследить направленность развития природных (или техногенных) процессов, в том числе оценить проявление ритмичности изменения уровней в многолетнем разрезе. Экстремальные значения на интегральной кривой фактически определяют временную ритмичность хода уровней, поскольку их абсциссы соответствуют времени наступления среднемноголетней нормы уровня подземных вод (уровня воды в водотоке) после соответствующего их падения или повышения. Расчет модульных коэффициентов позволил проследить количественные изменения отклонения уровней уже по сезонам, т. е. применение данного метода дает возможность проведения сравнительной оценки сезонных (природных или техногенных) колебаний уровней поверхностных и подземных вод в различных пунктах наблюдений.

Коэффициент относительного положения уровней ($K_{от}$, %) показывает, какая часть колебаний глубины залегания уровней УГВ (или УНВ) составляет в период наблюдений превышение над среднемноголетней нормой глубины залегания УГВ (или УНВ), и рассчитан по формуле: $K_{от} = \frac{h_{ср.мн} - h_{мин}}{h_{макс} - h_{мин}}$,

где $h_{ср.мн}$ – среднемноголетняя норма глубины залегания УГВ (УНВ) на участке за период наблюдений, м; $h_{мин}$, $h_{макс}$ – минимальная и максимальная глубина залегания УГВ (УНВ) в период прослеживаемых изменений, м.

При $K_{от} = 0$ глубина залегания УГВ (УНВ) в период прослеживаемых изменений находилась на отметке среднемноголетней нормы, если $K_{от} > 0$, то соответственно данная расчетная часть (в %) колебаний УГВ (УНВ) в исследуемом периоде была выше отметки среднемноголетней нормы, а при $K_{от} < 0$, наоборот, ниже отметки среднемноголетней нормы.

В рамках данной работы нет возможности дать графическое представление расчетных материалов для всех участков гидрологических и гидрогеологических постов НСМОС, использованных в исследованиях. Поэтому представлены расчетно-статистические материалы по опорным постам. Изложение материала дифференцировано относительно выраженных в рельефе геоморфологических элементов: речные долины, заболоченные водосборы современной озерно-болотной и аллювиальной равнины поозерского горизонта, водосбор флювиогляциальной равнины днепровского горизонта. Для нарушенных условий формирования подземных вод расчетные материалы в статье представлены по участку наблюдений на водозаборе подземных вод Лучежевичи.

Характеристика закономерностей режима поверхностных вод. Графики интегральных кривых и модульных коэффициентов для опорных гидрологических постов приведены на рис. 1.

Анализ разностных интегральных кривых показал, что водный режим больших и средних рек Припять, Уборть и Горынь до 2013 г. формировался в благоприятных природных водно-балансовых условиях с колебаниями уровней преимущественно выше или на уровне среднемноголетних отметок. Для режима рек была характерна ритмичность хода уровней воды, на интегральных кривых для рек по экстремальным положительным значениям могут быть выделены малые ритмы в 3–7 лет (например, 1991–1994, 1995–2001 гг.) и большой в 12 лет (2001–2013 гг.), что может быть связано с солнечной активностью. В современных условиях с 2013 г. осуществляется ритм падения фактических уровней воды в реках ниже среднемноголетних отметок, что соответствует формированию маловодной фазы колебаний уровней воды. Для рек Припять, Уборть и Горынь кривые модульных коэффициентов асимптотически соответствуют друг другу, что указывает на сходные закономерности в формировании сезонных режимов изменения уровней воды в реках: пониженное питание и установление уровней воды ниже среднемноголетних норм в июле–январе (экстремальный минимум – сентябрь), повышенное питание и установление уровней воды выше нормы в феврале–июне

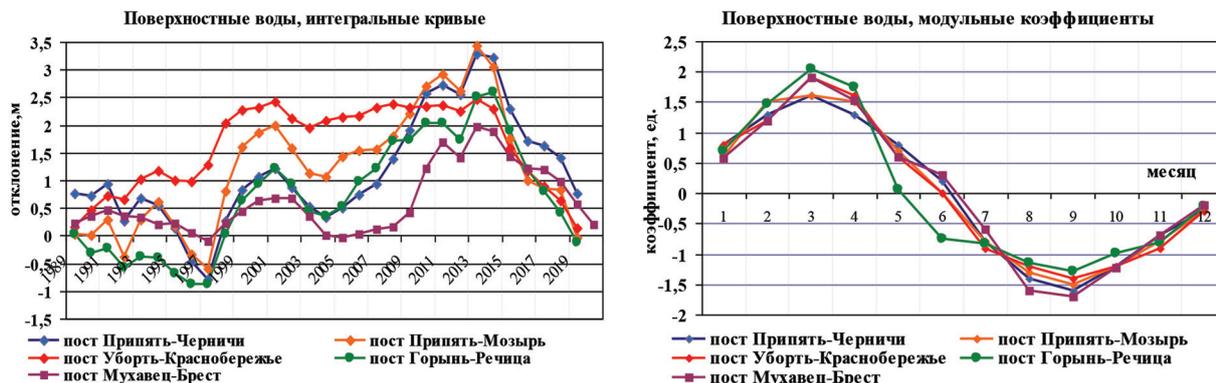


Рис. 1. Расчетные разностные интегральные кривые и графики модульных коэффициентов колебаний уровня воды для рек Припять, Уборть и Горынь

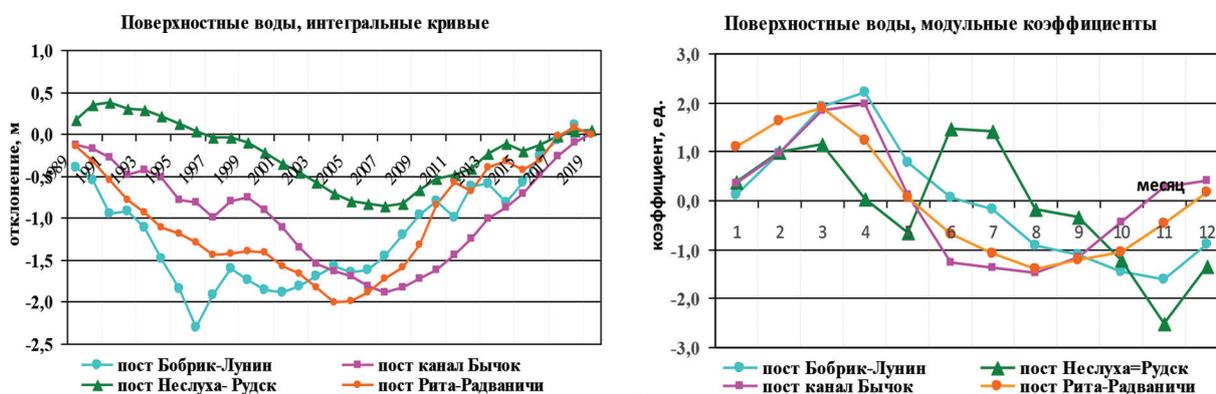


Рис. 2. Расчетные разностные интегральные кривые и графики модульных коэффициентов колебаний уровня воды некоторых малых рек Припяти и Зап. Буг

(экстремальный максимум – март). Аналогичные синхронные закономерности установлены и для хода уровней воды в других притоках Припяти – средних реках Птичь, Горынь, Лань, Оресса, Ясельда. Следует добавить, что данные закономерности свойственны и для крупных рек другого речного бассейна, находящегося в южной части Беларуси – Зап. Буг и Мухавец (рис. 1).

Для малых рек бассейна Припяти такая аналогия отсутствует: режим изменения уровней воды в водотоках является асинхронным крупным и средним рекам, ритмичность хода уровней выражена не столь явно, ритм падения уровней с 2013 г. также не выражен, а сроки сезонных изменений уровней воды, как показывают графики модульных коэффициентов, являются несколько сдвинутыми. Подобные многолетние и сезонные изменения уровней воды в малых водотоках присущи и для малых рек бассейна реки Зап. Буг (рис. 2).

Характеристика закономерностей гидродинамического режима подземных вод. По имеющимся данным [4], в гидродинамическом отношении в пределах территории выделяются безнапорные (грунтовые), напорные и субнапорные подземные воды. Последние – это подземные воды водоносного горизонта водно-ледниковых березинско-днепровских отложений, которые в силу своеобразия геологического строения территории – частого отсутствия в верхней части геологического разреза слабопроницаемых глинистых отложений – могут образовывать с грунтовыми водами единый, гидравлически связанный водоносный комплекс. Таким образом, водоносный горизонт является напорным, если перекрыт слабопроницаемыми отложениями и проявляет свойства безнапорных водоносных горизонтов совместно с грунтовыми водами, если такие отложения в кровле отсутствуют.

Естественный (слабонарушенный) режим грунтовых вод. Графики разностных интегральных кривых и модульных коэффициентов для грунтовых вод, формируемых на участках опорных гидрогеологических постов, представлены на рис. 3.

Многолетние и сезонные колебания УГВ на участках гидрогеологических постов имеют общие сходные закономерности с поверхностными водами, обусловленные природными факторами, а также и некоторые отличия. Многолетний режим УГВ в пределах речных долин являлся синхронным режиму речных водотоков, а с 2013 г. так же как и для рек отмечался цикл спада УГВ в среднем ниже

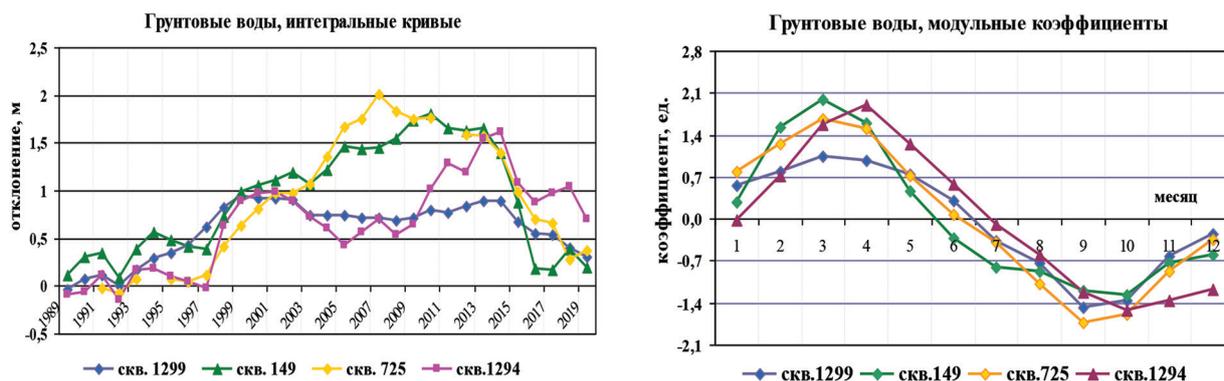


Рис. 3. Графики интегральных кривых и модульных коэффициентов многолетних колебаний УГВ на участках гидрогеологических постов Симони́чско-Рудне́нский (скв. 1299), Ситне́нский (скв. 149), Туровский (скв. 1294) и Лете́нецкий (скв. 725)

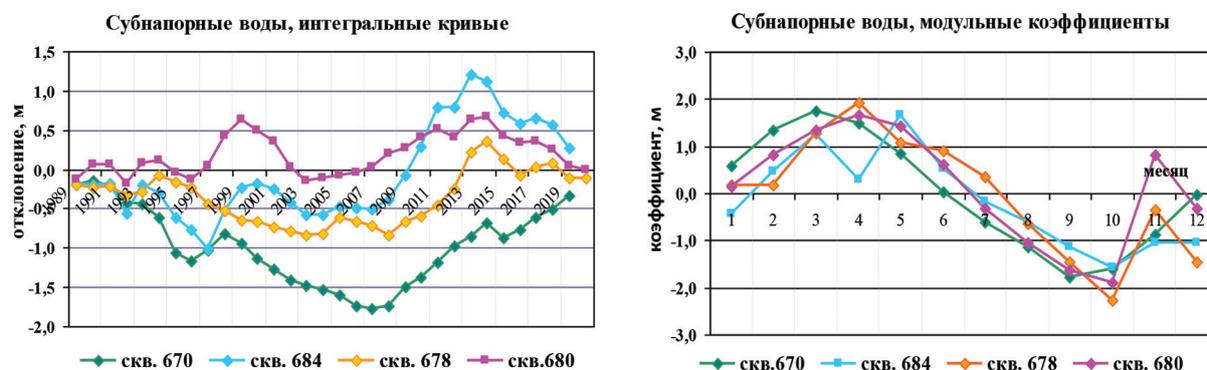


Рис. 4. Графики интегральных кривых и модульных коэффициентов многолетних колебаний субнапорных вод на участках гидрогеологических постов Бечский (скв. 670), Сняде́нский (скв. 684), Млыно́цкий (скв. 678) и Хлу́пинский (скв. 680)

средне­много­летних норм, продол­жаю­щийся до настоя­щего вре­мени. При­мером тако­го син­хронно­го хода УГВ яв­ля­ет­ся участ­ок опорно­го поста Ситне́нский, скв.149 (рис. 3). На уда­лении от долин При­пя­ти и ее при­токов, на водо­сборах и водо­разделах озерно-болотной и аллювиальной равнин, а также плоской флювиогляциальной равнины днепровского горизонта, много­летний режим УГВ уже яв­ля­ет­ся не столь син­хронным ре­жиму речных водо­токов (соот­вет­ствен­но скв. 1299, 1294 и 725). Но здесь так­же с 2013 г. как и для рек и УГВ речных долин от­ме­ча­ет­ся цикл спада УГВ в сред­нем ниже сред­не­много­летних норм, продол­жаю­щийся до настоя­щего вре­мени.

Естественный (слабонарушенный) режим субнапорных вод. Для таких вод графики разностных интегральных кривых и модульных коэффициентов для опорных постов представлены на рис. 4.

Много­летний режим субнапорных вод может быть син­хронным (скв. 680), переходным (скв. 684 и 678) и асин­хронным (скв. 670) по отно­ше­нию к ре­жимам по­верх­ностных вод и УГВ речных долин. Асин­хронность ре­жима выра­жа­ет­ся в ходе уровней с отрицательными отклонениями от средних много­летних норм. Дан­ный тип гидродинамического ре­жима главным образом ха­рак­терен для участ­ков аллювиальной равнины поозерского горизонта, узкой полосой при­ле­гающих к долинам При­пя­ти и ее при­токов в их нижнем тече­нии. Син­хронный и переходной типы ре­жима под­земных вод так же как и по­верх­ностные воды, после 2013 г. имеют ритмы спада уровней ниже сред­не­много­летних норм, продол­жаю­щиеся до настоя­щего вре­мени. Асин­хронный режим субнапорных вод таких особен­ностей формиро­вания не имеет и его на­личие здесь может быть обосновано интен­сивным дренированием со стороны При­пя­ти в условиях отсутствия вза­имовлияния с речными водами.

Естественный (слабонарушенный) режим напорных вод. Напорный режим формиро­вания под­земных вод ис­сле­до­ван для водо­носных комплексов неоген-палеогеновых, верхнемеловых, верхнедевонских и верхнерифейских отложений. Графики для напорных вод неоген-палеогеновых и верхнемеловых от­ложений пред­став­лены на рис. 5. Много­летний режим напорных вод водо­носных комплексов неоген-палеогеновых и верхнемеловых от­ложений, как показали материалы статисти-

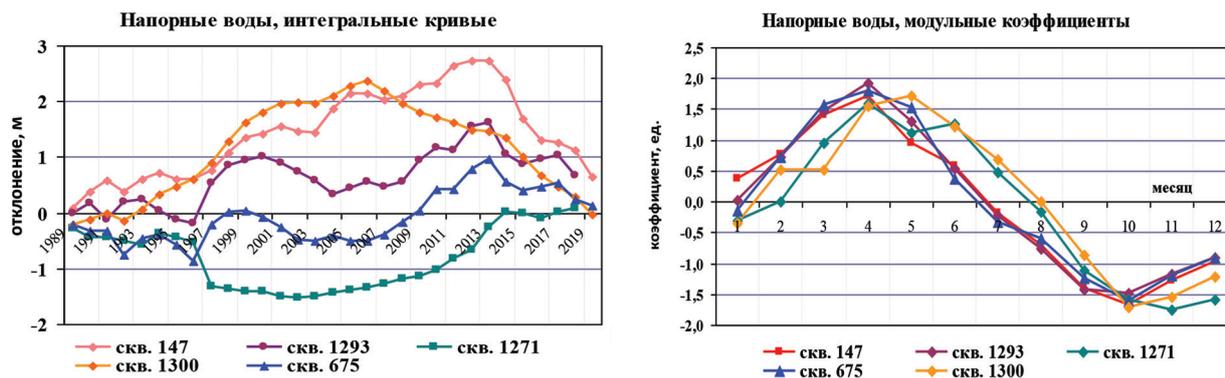


Рис. 5. Графики интегральных кривых и модульных коэффициентов многолетних колебаний напорных вод в пределах исследуемой территории на участках гидрогеологических постов Ситненский (скв. 147), Снядинский (скв. 675), Туровский (скв. 1292), Млынокский (скв. 1271) и Симоничско-Рудненский (скв. 1300)

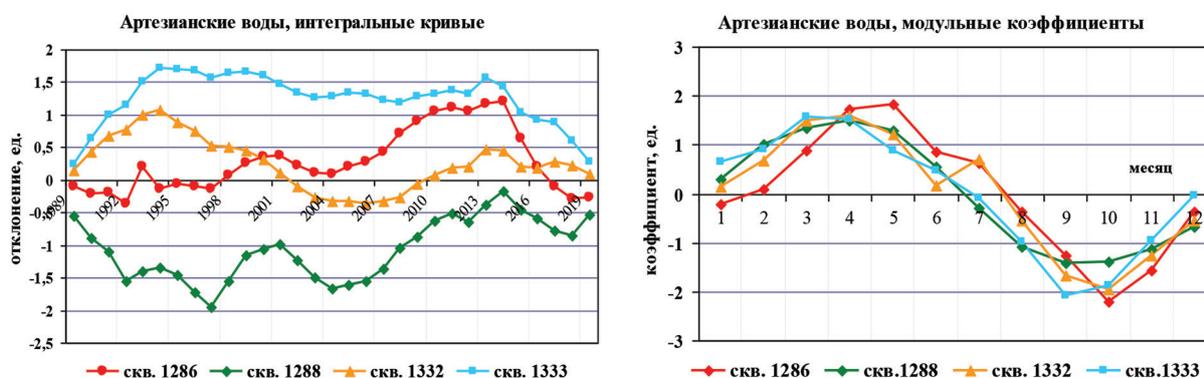


Рис. 6. Графики интегральных кривых и модульных коэффициентов многолетних колебаний артезианских напорных вод для исследуемой и смежной территории на участках гидрогеологических постов Крестуновский (скв. 1332 и 1333) и Бережновский (скв. 1286 и 1288)

ческой обработки данных наблюдений, формируется в условиях достаточно активной взаимосвязи с грунтовыми, субнапорными и поверхностными водами. В результате режим УНВ напорных вод также может быть синхронным к ним, асинхронным и переходного типа. Синхронным режим напорных вод является, как правило, только в долине Припяти. Примером такого хода на рис. 4 могут быть колебания УНВ водоносного палеогенового комплекса на участке Ситненского и Туровского гидрогеологических постов (скв. 147 и 1293). Примерами переходного и асинхронного режимов напорных вод, имеющих на плоских аллювиальной и флювиогляциальной равнинах бассейна Припяти, являются соответственно колебания УНВ на участках скв. 1300 Симоничско-Рудненского, скв. 675 Снядинского и скв. 1271 Млынокского постов. Так же как и для рек, и УГВ для напорных вод, характеризующихся синхронным и переходным типами режимов, после 2013 г. отмечается цикл спада УНВ в среднем ниже среднееголетних норм, продолжающийся до настоящего времени. Многолетний режим УНВ артезианских напорных вод водоносных комплексов верхнемеловых (в частности, для сеноманских отложений), верхнедевонских и верхнерифейских отложений уже формируется в условиях существенно менее активной взаимосвязи с грунтовыми и поверхностными водами. Графики для напорных вод данных водоносных комплексов представлены на рис. 6.

Ход многолетних колебаний УНВ данных водоносных комплексов, залегающих значительно глубже, чем водоносные комплексы неоген-палеогеновых и верхнемеловых отложений, не имеет нормально выраженной синхронности с режимами речных вод и УГВ. Как видно из графиков интегральных кривых, ход отклонений колебаний УНВ артезианских водоносных комплексов имеет согласованный характер, например с колебаниями УНВ палеоген-неогенового водоносного комплекса, но отсутствует подобная им ритмичность колебаний. В результате интегральная кривая носит сглаженный характер, но с 2013 г. удивительным образом также отмечается ритм спада УНВ ниже среднееголетних норм, продолжающийся до настоящего времени.

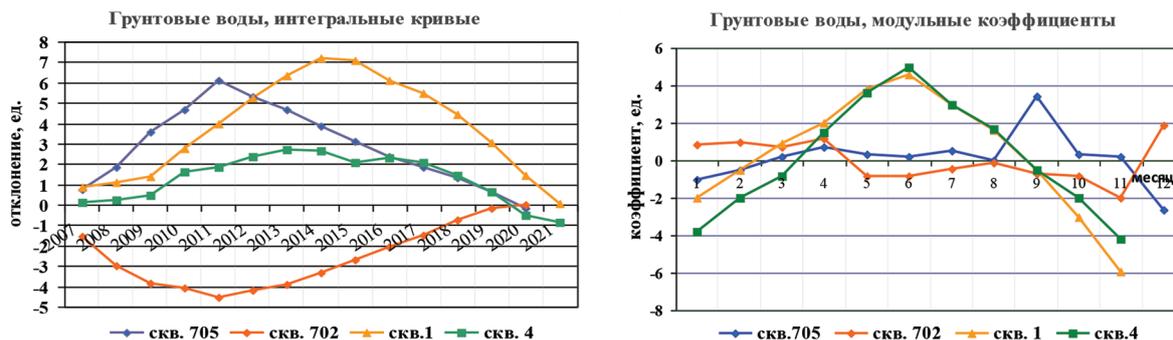


Рис. 7. Графики интегральных кривых и модульных коэффициентов многолетних колебаний грунтовых вод на участках режимных скважин водозабора подземных вод Лучежевичи (скв. 702 и 705) и локального мониторинга подземных вод карьера «Гранит» (скв. 1 и 4)

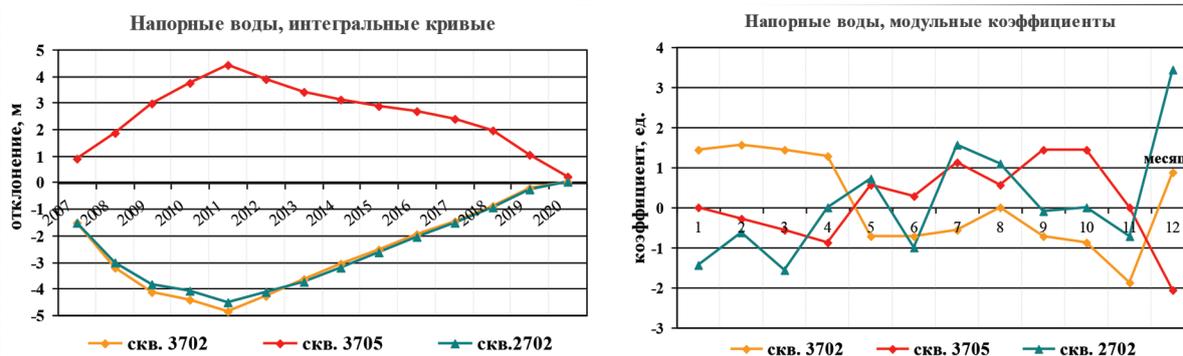


Рис. 8. Графики интегральных кривых и модульных коэффициентов многолетних колебаний напорных вод на участках режимных скважин водозабора подземных вод Лучежевичи

Нарушенные условия. Нарушенные условия формирования режима колебаний УГВ отражают графики интегральных кривых и модульных коэффициентов для условий формирования грунтовых вод на участке водозабора Лучежевичи и карьера «Гранит» (рис. 7). Результаты статистической обработки данных показали, что ход многолетних колебаний УГВ на прилегающих территориях к водозабору и карьере не имеет ничего общего с ритмичностью (сезонной и многолетней) формирования УГВ, выявленной на участках гидрогеологических постов. Подобно проявляется гидродинамическая обстановка на водозаборе подземных вод Лучежевичи и для напорных вод (рис. 8).

Отсутствие природной ритмичности указывает на наличие внешних, в данном случае не природных, источников формирования многолетних и сезонных колебаний УГВ и УНВ. Как показал анализ, действие таких внешних факторов зависит от режима отбора подземных вод и местоположения точки наблюдения относительно источника воздействия. Например, скв. 702, 2702 и 3702 находятся практически в центре водозабора Лучежевичи. Соответственно в результате воздействия водозабора фактические колебания УГВ и УНВ здесь имели отрицательные отклонения, но с 2011 г. получили положительную тенденцию к восстановлению, вызванную уменьшением добычи подземных вод. Для скв. 705 и 3705, находящихся на удалении от водозабора, наоборот, фактические колебания УГВ и УНВ имели существенно меньшую зависимость от режима отбора, что выражено в положительных, но с 2011–2013 гг. здесь уже получена отрицательная тенденция, вызванная, очевидно, наличием общего ритма спада УГВ и УНВ в регионе ниже среднеемноголетних норм.

Прогноз гидродинамического режима подземных вод. Прогноз формирования гидродинамического режима для исследуемой территории основан на следующих положениях: 1) статистическая обработка данных наблюдений показала, что в хронологических графиках колебаний поверхностных и подземных вод существуют многолетние ритмы спадов/подъемов уровней, средней продолжительностью 12 лет. Соответственно концепция выполненных прогнозных расчетов изменения гидродинамического режима основана на учете подобной ритмичности хода УГВ и УНВ, начавшейся в 2013 г. в пределах исследуемой территории, 12-летний ритм общего спада УГВ и УНВ ориентировочно с 2026 г. сменится на ритм подъема; 2) пользуясь графиками связи уровней (летних минимальных с весенними максимальными) для периода последнего ритма спада УГВ и УНВ в 2013–2020 гг. (здесь

в статье не приводятся), осуществлено удлинение на пять лет, до 2026 г., рядов наблюдений для гидрогеологических постов с использованием методов, рекомендуемых в [1–3]; 3) с использованием поправок для корректировки выборок в размере коэффициентов прогнозного максимального сезонного изменения стока рек в зимне-весенний и летне-осенний периоды (в соответствии с прогнозом изменения речного стока, представленным в [5]) осуществлено распределение удлинённых рядов наблюдений за 2013–2025 гг. в обратном порядке. Полученные ряды значений выборок приняты в качестве прогнозных временных рядов на 2026–2035 гг. и с их помощью рассчитаны прогнозные коэффициенты ($K_{от}$, %) относительного положения уровней УГВ (УНВ), возможных на участках гидрогеологических постов на период 2026–2035 гг.

Результаты прогнозных расчетов показали, что характер хода УГВ в речных долинах и прилегающих к Припяти аллювиальных равнинах низкого уровня будет формироваться в условиях роста положительных значений $K_{от}$ (т. е. установления глубины залегания подземных вод в среднем на уровне и выше среднемноголетних норм) как в весенний, так и в летний периоды. Отклонение коэффициента относительного положения уровня $K_{от}$ от современных условий может составить 8–21 % в зимне-весенний и 20–60 % в летне-осенний периоды.

На водосборах бассейна Припяти характер хода УГВ и УНВ также может претерпеть некоторое перераспределение условий связи весенних максимальных и летних минимальных уровней, что выражается в отклонении коэффициента относительного положения уровня $K_{от}$ от современных условий в основном в сторону роста в весенний и летний периоды на 8–86 %, что опять же может обеспечить вероятность установления глубины залегания подземных вод в данные периоды на уровне и даже выше среднемноголетних норм.

Режим УГВ и УНВ водоносных горизонтов на нарушенных территориях (водозабор Лучежевичи, карьеры РУПП «Гранит») может характеризоваться некоторым дальнейшим снижением экстремальных уровней в зонах депрессий, значения коэффициента $K_{от}$ могут быть ниже современных расчетных значений на 6–42 % в весенние и 6–38 % в летние периоды.

Заключение. Изложены данные статистического распределения УГВ и УНВ на участке бассейна Припяти за 1989–2020 гг., а также их прогноза на 2026–2035 гг. и показали следующие результаты.

1. В ходе многолетних колебаний уровней поверхностных и подземных вод существуют многолетние ритмы спадов/подъемов уровней, предположительно связанные с солнечной активностью, средней продолжительностью около 12 лет. Гидродинамический режим УГВ и УНВ может быть синхронным, переходным и асинхронным по отношению к уровенному режиму Припяти и ее притоков – средних рек. Режимы малых рек в бассейне Припяти не имеют синхронности с режимами Припяти и ее притоков, подобным образом осуществляется режим малых водотоков и в пределах другого водосбора южной части Беларуси – реки Зап. Буг. Существование асимптотического несоответствия также и сезонных режимов малых водотоков может указывать на наличие техногенной составляющей в их режимах, чем, возможно, и является мелиоративное осушение.

2. С 2013 г. осуществляется многолетний спад уровней, но ход УГВ и УНВ в речных долинах и прилегающих равнинах характеризуется в основном природной однородностью распределения уровней с положительными значениями $K_{от}$ в зимне-весенний и с неустойчивым поведением (установление ниже среднемноголетних норм) в летне-осенний периоды, что способствует наличию условий водности поверхностных водных объектов в среднем за сезон в категории ниже средней.

3. На период до 2035 г. гидродинамический режим подземных вод будет претерпевать некоторые положительные изменения при сохранении своей природной однородности распределения уровней, которые в целом будут способствовать повышению условий водности в регионе в сравнении с существующими, но за исключением нарушенных территорий (водозабор Лучежевичи, карьеры РУПП «Гранит»), где возможны дальнейшие изменения.

Список использованных источников

1. Применение методов математической статистики для анализа и прогноза режима уровня подземных вод (метод. указания). – М.: ВСЕГИНГЕО, 1967. – 107 с.
2. Ковалевский, В. С. Исследования режима подземных вод в связи с их эксплуатацией / В. С. Ковалевский. – М.: Недра, 1986. – 198 с.
3. Коноплянец, А. А. Прогноз и картирование режима грунтовых вод / А. А. Коноплянец, С. М. Семенов. – М.: Недра, 1974. – 216 с.
4. Козлов, М. Ф. Гидрогеология Припятского Полесья: в 2-х т. / М. Ф. Козлов. – Минск: Наука и техника, 1977. – 272 с.
5. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата; под общ. ред. А. А. Волчека, В. Н. Корнеева. – Брест: Альтернатива, 2017. – 228 с.

Поступила 07.06.2022