

ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМА АРТЕЗИАНСКИХ ВОД ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ)

В. С. Рудько

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

Поступила в редакцию 29 января 2016 г.

Аннотация: в работе рассматривается режим подземных вод зоны активного водообмена, формирующийся под влиянием уровня режима поверхностных водотоков. Были построены графики совместного хода уровней, по которым определялись характеристики гидродинамической взаимосвязи поверхностных водотоков с подземными водами.

Ключевые слова: водоносный горизонт, река, уровень воды, статический уровень, волна возмущения, передача давления.

PARTICULAR MODE OF ARTESIAN WATER IN THE ZONE OF ACTIVE WATER EXCHANGE (ON THE EXAMPLE OF THE SOUTHEAST OF BELARUS)

Abstract: the study examined the groundwater regime in the zone of active water exchange, formed under the influence of the water level of surface watercourses. Graphs were constructed of the joint stroke levels, which were determined by the characteristics of hydrodynamic interaction of surface watercourses of groundwater.

Key words: aquifer, river, level of water, static level, wave of disturbance, transfer pressure.

Введение

Изучение режима подземных вод является одной из основных проблем, решаемых региональной гидрогеологией [1]. Режим подземных вод представляет собой ценнейший материал комплексной информации о состоянии водоносного горизонта, показывающий влияние как техногенных, так и природных факторов. Изучению режима подземных вод посвящено множество работ как отечественных, так и зарубежных авторов. В то же время в них недостаточное внимание уделяется гидрологическим условиям, что существенно снижает достоинство этих работ. [1, 6, 7, 8]

При формулировании задачи исследований и выполнении работы отправной точкой было использование данных о гидрологическом режиме рек (сезонность изменения уровней и расходов) и исторически известной (по практике выполнения режимных наблюдений) общности тенденций изменений статических уровней подземных вод в гидрогеологических скважинах и уровней поверхностных вод. Русло реки здесь рассматривается как емкость для воды, имеющая пьезометрическую (гидродинамическую) связь с подземными водами в любой сезон года, и являющаяся интегрированным отображением всего комплекса природно-климатических факторов, связанных с выпадением и перераспределением атмосферной влаги в условиях почвенно-растительного разнообразия поверхности земли рассматриваемой территории [2].

Распространение возмущений от изменения уровней воды водотоков передаётся подземным водам пьезометрически.

Цель исследования

Изучить взаимодействие гидродинамических режимов поверхностных и подземных вод для решения проблем региональной гидрогеологии; указать на приоритетное влияние режима поверхностных водотоков на уровеньный режим подземных вод.

Материал и методы исследования

В качестве объектов для анализа взаимосвязи режимов поверхностных и напорных подземных вод зоны активного водообмена (рис. 1) были выбраны скважины различных гидрогеологических подразделений центральной и краевой частей Припятского артезианского бассейна (рис. 2), в уровеньном режиме которых естественная составляющая доминирует над техногенной.

Для анализа уровеньного режима привлечены данные по наблюдениям за уровнями рек по гидрологическим постам, ближайшим к выбранным скважинам.

После того как был проведен общий анализ данных об уровеньном режиме подземных вод и отобраны наиболее презентативные материалы, удалось проследить наличие гидравлической взаимосвязи поверхностных и подземных вод, проявленной контрастно. Для

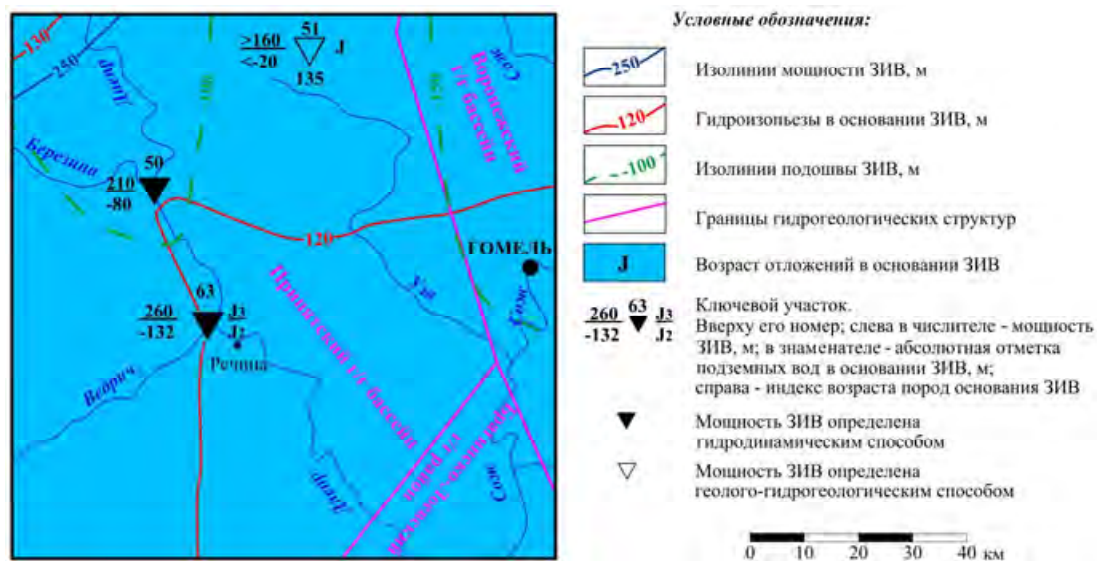


Рис. 1. Карта мощности зоны интенсивного водообмена изучаемого района

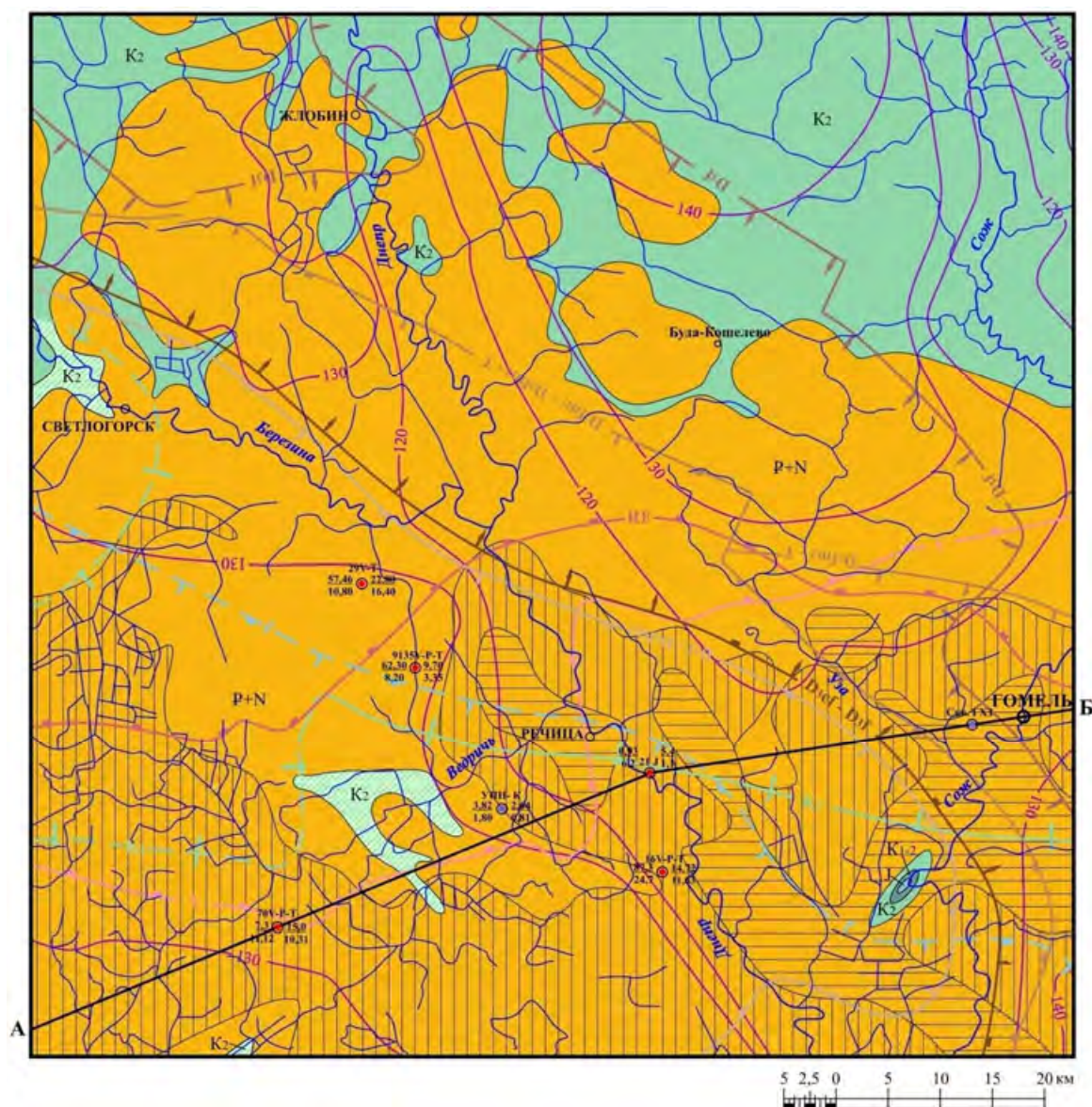


Рис. 2а. Гидрогеологическая карта района исследования. Масштаб 1 : 500 000.

Водоносные горизонты и комплексы (первые от поверхности земли):

- P+N** Палеогеновый и неогеновый терригенный водоносный комплекс
- K₂** Верхнемеловой карбонатный водоносный горизонт
- K₂** Верхнемеловой карбонатный слабоводоносный локальноводоносный горизонт

Водоносные горизонты и комплексы, залегающие ниже первых от поверхности:

- K₁₋₂** Нижне-верхний терригенный водоносный горизонт
- K₁** Нижнемеловой терригенный слабоводоносный горизонт
- J** Юрский терригенно-карбонатный слабоводоносный комплекс
- E-Bt** Батский водоупорный локально-водоносный терригенный комплекс
- T** Триасовый водоносный комплекс
- P** Пермский водоносный комплекс
- D-C** Девон-каменноугольный водоупорный, локально-водоносный, слабоводоносный комплекс
- AR=PR** Обводненная трещиноватая зона пород фундамента

— Граница между разновозрастными водоносными горизонтами и комплексами

Границы распространения водоносных горизонтов и комплексов:

- a** Верхнемеловой карбонатный водоносный горизонт (а - достоверные, б - предполагаемые)
- б** Верхнемеловой карбонатный слабоводоносный локальноводоносный горизонт (а - достоверные, б - предполагаемые)
- a** Юрский терригенно-карбонатный слабоводоносный локальноводоносный комплекс (предполагаемые)
- б** Юрский терригенно-карбонатный слабоводоносный локальноводоносный комплекс (предполагаемые)
- D_{1fm}-D_{2fm}-1** Нижне-верхнепермский - триасовый терригенно-карбонатный (надсолевой) водоупорный локально водоносный комплекс (предполагаемые)
- D_{1f}-D_{2f}** Верхнепермский и нижнепермский карбонатный слабоводоносный, местами водоупорный комплекс
- D_{3f}** Франский терригенно-карбонатно-галогенный (нижнепермский) водоносный комплекс
- D_{3ef}-D_{3f}** Эйфельско-франский терригенно-карбонатный (подсолевой) слабоводоносный комплекс
- V** Вендский терригенный слабоводоносный комплекс
- RF** Рифейский терригенный слабоводоносный комплекс

Показатели водообмена:

- 130** Гидроизопьезы: цифра - абсолютная отметка уровня подземных вод

Водопроницаемость гидрогеологических подразделений, км, м²/сут:

- 200-500
- 100-200
- <100

Населенные пункты:

- ГОМЕЛЬ - областной центр
- РЕЧНИЦА - районный центр
- Була-Кохелево - городской поселок

Опорные водопункты:**Гидрогеологическая скважина:**

вверху - номер скважины и индекс горизонта, который она вскрывает; справа - в числителе дебит скважины в м³/сут, в знаменателе понижение в м; слева - статический уровень в м, в знаменателе минерализация в г/дм³; закрашка соответствует химическому составу вод.

Гидрогеологическая скважина на разрезе:

вверху - номер скважины; закрашка соответствует химическому составу воды в опробованном интервале глубины; голубая стрелка соответствует напору подземных вод, цифры у стрелки - абсолютная отметка пьезометрического уровня воды, м; синяя линия над стрелкой - положение пьезометрической поверхности опробованного горизонта; под знаком скважины - ее глубина, м.

Геологическая скважина опорная спроецированная на линию разреза:

вверху - номер скважины; внизу - глубина скважины в м.

Рис. 26. Условные обозначения к гидрогеологической карте (рис. 2а).

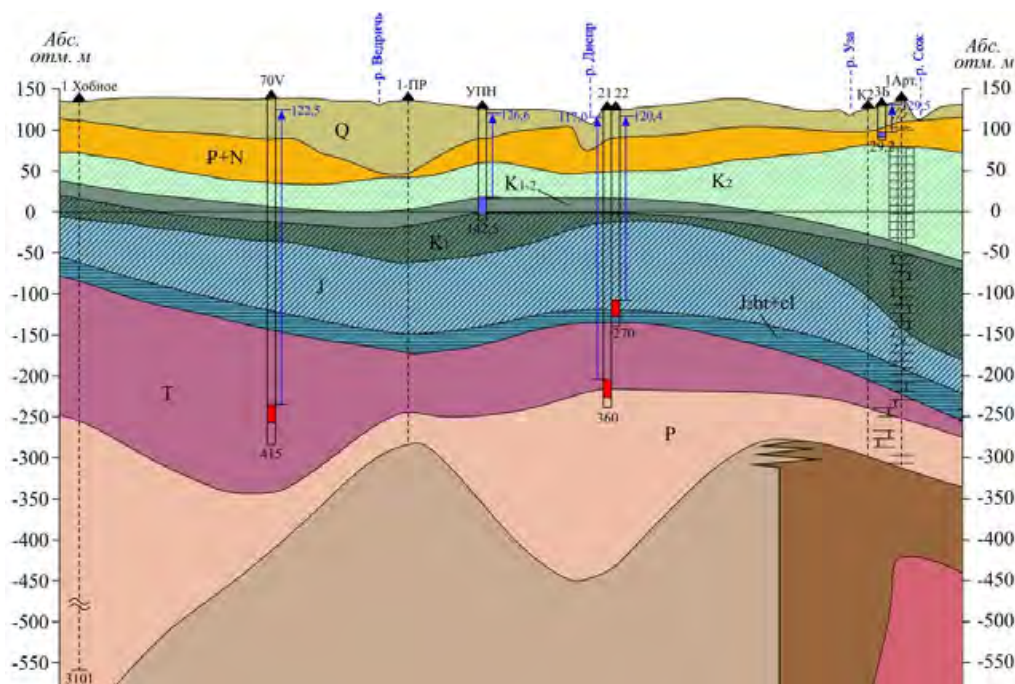


Рис. 2в. Гидрогеологический разрез по линии А-Б района исследования. Масштаб вертикальный 1 : 5 000.

этой цели были построены совмещенные графики хода уровней подземных и поверхностных вод, по которым отбирались скважины, где достаточно четко определялись экстремальные значения.

Для проведения исследования необходимо сделать ряд наблюдений (с частотой не менее 12 замеров в месяц) за уровнем режимом подземных вод. В виду того, что скорость развития гидрологической ситуации наиболее динамична по сравнению с гидрогеологической, то для качественной оценки влияния поверхностных вод на режим подземных достаточно данное число натурных измерений.

В работе использован метод количественной оценки выявленных зависимостей с использованием корреляционных характеристик, а также прогностический метод для оценки наиболее вероятного положения уровня подземных вод в годовом разрезе.

Результаты исследования

Из большого числа имеющейся информации об уровнях подземных вод, в скважинах Республиканского унитарного предприятия «ПО «Белоруснефть» и Гомельского химического завода выбраны те скважины, в которых имеется ряд режимных наблюдений продолжительностью не менее года, а влияние техногенных факторов на положение уровня подземных вод минимально (с учётом амплитуды годовых колебаний уровня) или вообще отсутствует.

Район исследования характеризуется достаточной сетью скважин, разнесенных по площади, находящихся в различных геоморфологических и геолого-гидрогеологических условиях. Этот факт определил обзорность (региональность) исследования с охватом значительной по мощности верхней части разреза осадочной толщи (зоны активного водообмена) [3].

Исходя из теории Б. Паскаля о том, что давление, производимое на жидкость, передается в любую ее точку одинаково по всем направлениям [4], а так же по анализу графиков хода уровней подземных вод, полученным по натурным наблюдениям, можно смело утверждать, что гидрологические объекты являются не второстепенными, а первоочередными факторами, которые влияют на уровень режим подземных вод, так как колебательные движения, вызванные повышением уровня поверхностных вод, серьезно оказывают воздействие на уровень режим подземных вод.

Согласно общеизвестной теории, затухание колебаний не может распространяться сколь угодно далеко. В реальных условиях через некоторое расстояние колебания уменьшаются в амплитуде и вовсе прекращаются (рис. 3). К снижению амплитуды колебаний с последующим их прекращением приводит действие внешних факторов (литологическая неоднородность, силы трения и вязкости). То есть, скорость распространения возмущения, пространство распространения возмущения и интенсивность затухания амплитуды возмущения зависят от гидравлического сопротивления среды, через которую это возмущение передается. Отсюда следует, что фильтрационные свойства горных пород, через которые распространяется возмущение уровня, имеют первостепенное значение в этом процессе [5].

В зимний период инертность системы поверхностных водотоков проявлена ещё более значительно, чем в летний. Вместе с тем плавность развития гидрологической ситуации хорошо коррелируется с активностью протекания динамических процессов в водоносных подразделениях зоны интенсивного водообмена, даже в тех случаях, когда происходит смена направленности процессов питания-разгрузки (активности разгрузки) водоносных горизонтов.

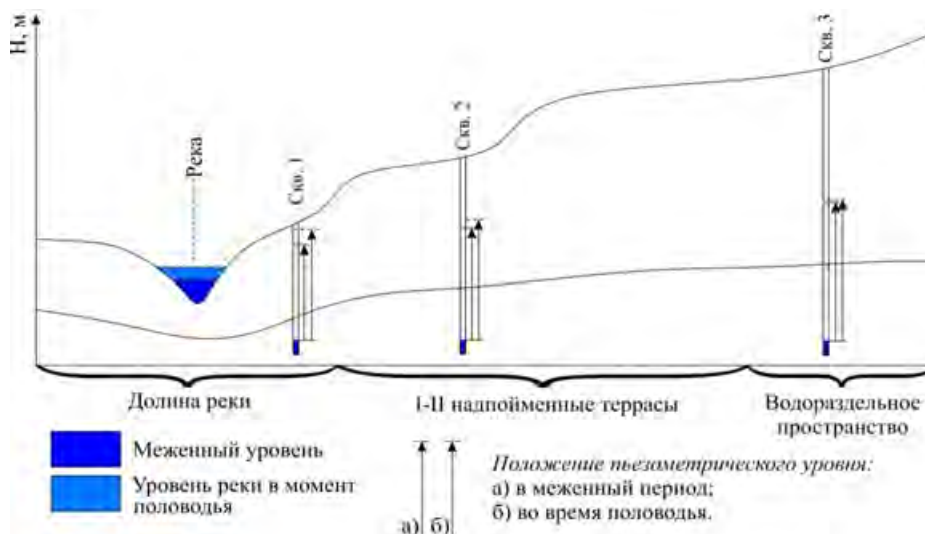


Рис. 3. Схема передачи напора от поверхностных вод – артезианским водам

Характеристика взаимосвязи артезианских вод нижне-среднечетвертичного горизонта

В качестве объекта для исследования и анализа по данному водоносному горизонту были выбраны скважины сети локального мониторинга Гомельского химического завода. Скважины располагаются на стыке Воронежского гидрогеологического массива с краевой зоной Припятского артезианского бассейна.

Ближайшими к скважинам действующими гидрологическими постами являются: «Уза – д. Прибор» (4,8 км) и «Сож – г. Гомель» (12,5 км).

Рассмотрим влияние режима поверхностных водотоков на примере скважины 5а, представленной на рис. 4. На представленном графике видна хорошая сходимость кривых хода уровней подземных и поверхностных вод.

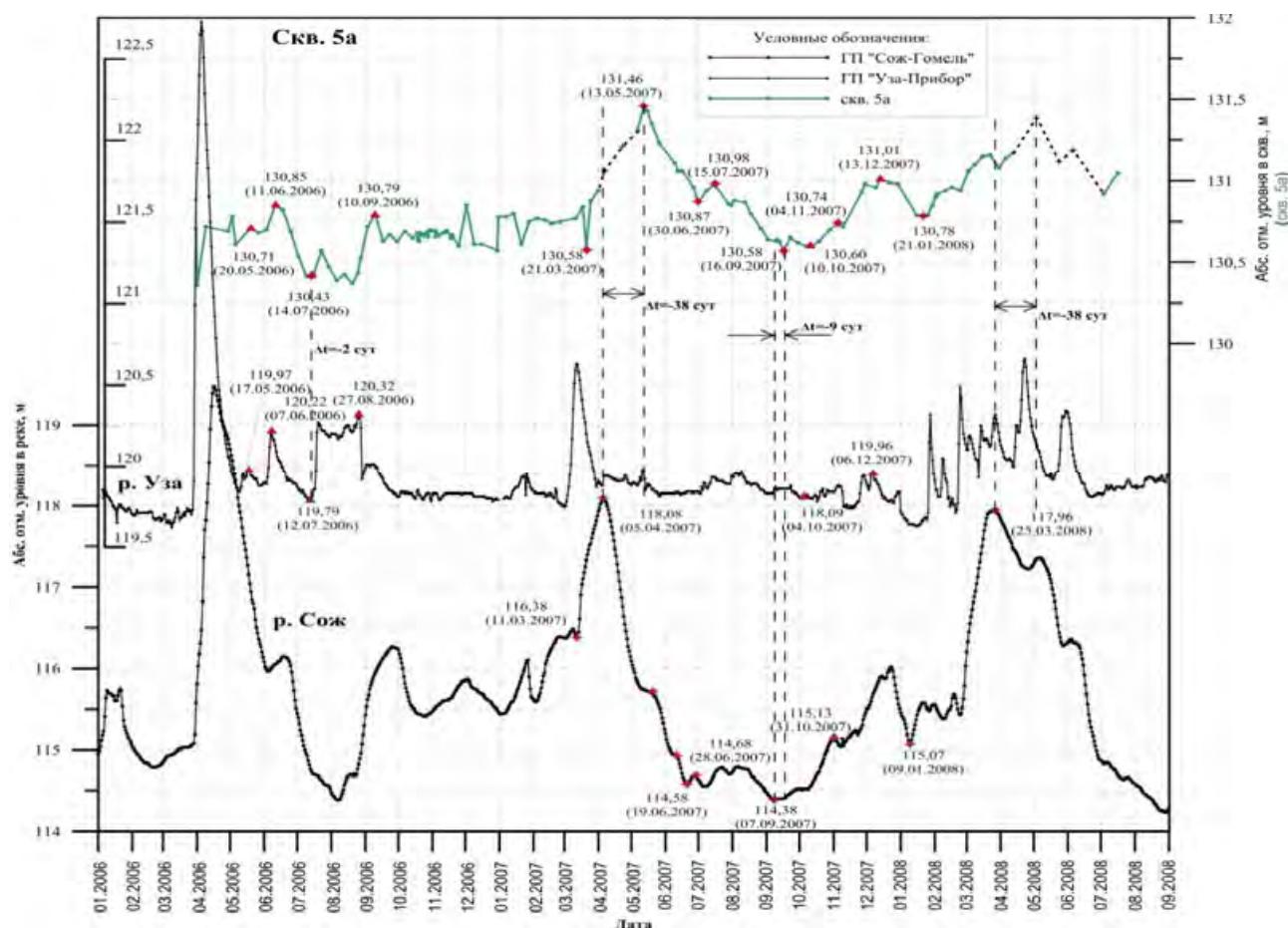


Рис. 4. Совмещенный график хода уровней подземных вод скв. 5а и поверхностных водотоков.

Проведя качественную и количественную оценку графика, изображенного на рис. 4, необходимо отметить, что симметричность колебания подземных вод относительно поверхностных является достаточно хорошей. По пикам половодий и межени можно четко определять количественные характеристики по р. Сож, р. Уза оказывает лишь косвенное влияние, осложняя ход уровней в скважине в промежутках между половодьем и меженью.

Синхронность колебания уровней по р. Сож оценивается как четкая для меженных периодов, где добегание волны возмущения составляет от 2 до 9 суток. Менее синхронно скважина работает в периоды половодий, когда запаздывание волны достигает 38 суток, что, возможно, объясняется более растянутым процессом передачи давления, чем при меженном периоде, когда давление стремится к минимальным показателям.

Начало весеннего подъема уровней в скважине приходится на момент достаточно прямолинейного увеличения уровней подземных вод, который приходится на 21.03.2007 с отметкой 130,58 м и достигает максимума 13.05.2007 с отметкой 131,46 м. Продолжительность периода весеннего подъема уровней составляет 52 сут. Скорость подъема – 0,017 м/сут. Аналогичный период на реке Сож имеет продолжительность 24 сут, со скоростью подъема – 0,070 м/сут.

Спад уровней начинается с момента перегиба кривой хода уровней пика половодья 13.05.2007 с отметкой 131,46 м и достигает минимума в меженный период 16.09.2007 с отметкой 130,58 м. Продолжитель-

ность спада составляет 127 сут, со скоростью 0,007 м/сут. На реке Сож спад уровня также начинается после перехода максимума половодья и заканчивается летней меженью. Продолжительность периода спада уровней составляет 154 сут со скоростью – 0,023 м/сут.

Оценивая величину максимального смещения уровня (амплитуду) по скважине, брались пиковые значения половодья и межени. Амплитуда для скважины составила 0,88 м, для р. Сож – 3,70 м.

Наличие влияния режима поверхностных вод на режим статического уровня подземных вод, подчеркивается высоким значением коэффициента корреляции. Для р. Сож данный коэффициент составил 0,79, для р. Уза – 0,45, что говорит о приоритетном влиянии р. Сож на режим данного горизонта.

Характеристика взаимосвязи артезианских вод палеогенового горизонта

В качестве объекта для исследования и анализа по палеогеновому водоносному горизонту использованы скважины сети локального мониторинга Гомельского химического завода. Рассмотрим влияние режима поверхностных водотоков на примере скважины 5б. Синхронность уровней колебания подземных вод относительно поверхностных характеризуется как хорошая.

Качественная оценка совмещенного графика хода уровней подземных и поверхностных вод (рис. 5) показывает, что приоритетное влияние на режим скважины 5б оказывает режим р. Сож.

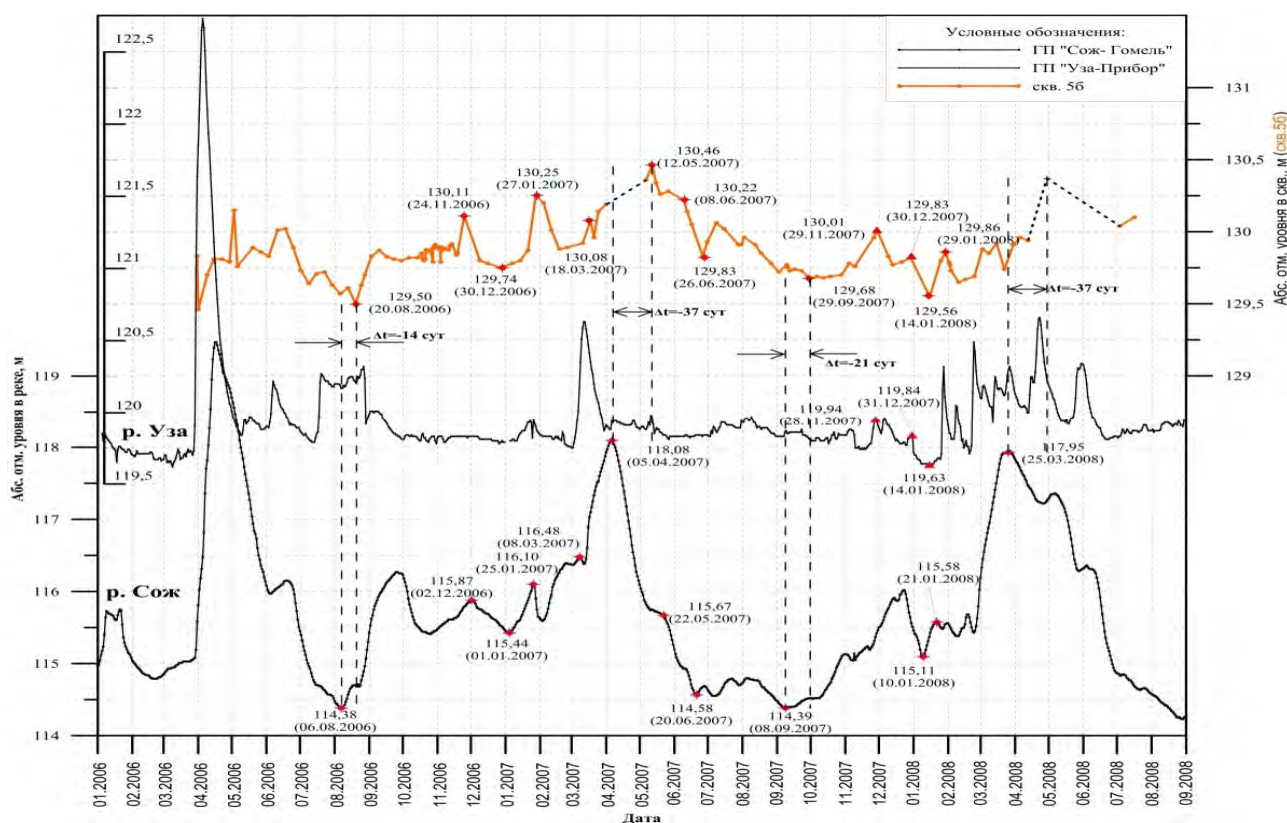


Рис. 5. Совмещенный график хода уровней подземных вод скв. 5б и поверхностных водотоков.

По пикам половодий и межени можно четко определять количественные характеристики по р. Сож, р. Уза оказывает лишь косвенное влияние, осложняя ход уровней в скважине.

Окончание летней межени в скважине приходится на 20.08.2006, уровень составляет 129,50 м, относительно р. Сож минимум в скважине запаздывает на 14 суток. Весенний подъем начинается 17.02.2007, от абсолютной отметки уровня 129,87 м. Продолжительность весеннего подъема составляет 83 сут, со скоростью 0,0071 м/сут. Пик весеннего половодья приходится на 12.05.2007, уровень установился на 130,46 м. Далее следует спад, который продолжался 45 сут, со скоростью 0,014 м/сут. Амплитуда колебания уровня в скважине составила 0,78 м. За аналогичный период в р. Сож – 3,69 м.

Наличие влияния режима поверхностных вод на режим статического уровня подземных вод, подчеркивается высоким значением коэффициента корреляции. Для р. Сож коэффициент составил 0,85, что говорит о приоритетном влиянии р. Сож.

Характеристика взаимосвязи артезианских вод альбского и нижнесеноманского горизонта

В качестве объекта для выявления взаимосвязи поверхностных и подземных вод данного гидрогеологического горизонта выбрана скважина УПН

«Промсервис», находящаяся в д. Молчаны Речицкого района. Данная скважина является водозаборной, но в виду незначительного водоотбора и хороших гидрогеологических параметров в моменты простоя насоса происходит практически полное восстановление статического уровня. Особенностью данной скважины является то, что она расположена на водоразделе рек Днепр и Ведричь, окружающая местность пологая, заметно заболоченная. Но, вопреки относительно близкому расположению к мелким водотокам системы Днепра, скважина реагирует на режим р. Березина, что в свою очередь можно объяснить характером распределения гидроизопьез в междуречье р. Березина – р. Днепр – р. Припять. Можно предположить более заметное влияние северных и север-северо-западных направлений на динамику потока в месте расположения скважины.

Согласно рис. 6 периоды добегания волны возмущения составляют от 3 до 8 суток, при удаленности от гидрологического поста сравнения порядка 50 км. Амплитуды колебания уровня в скважине сопоставимы с амплитудами колебания уровня в р. Березина. Гидравлическая связь подчеркивается высоким коэффициентом корреляции, полученным при смещении массива данных на период добегания возмущения, который составляет 0,90.

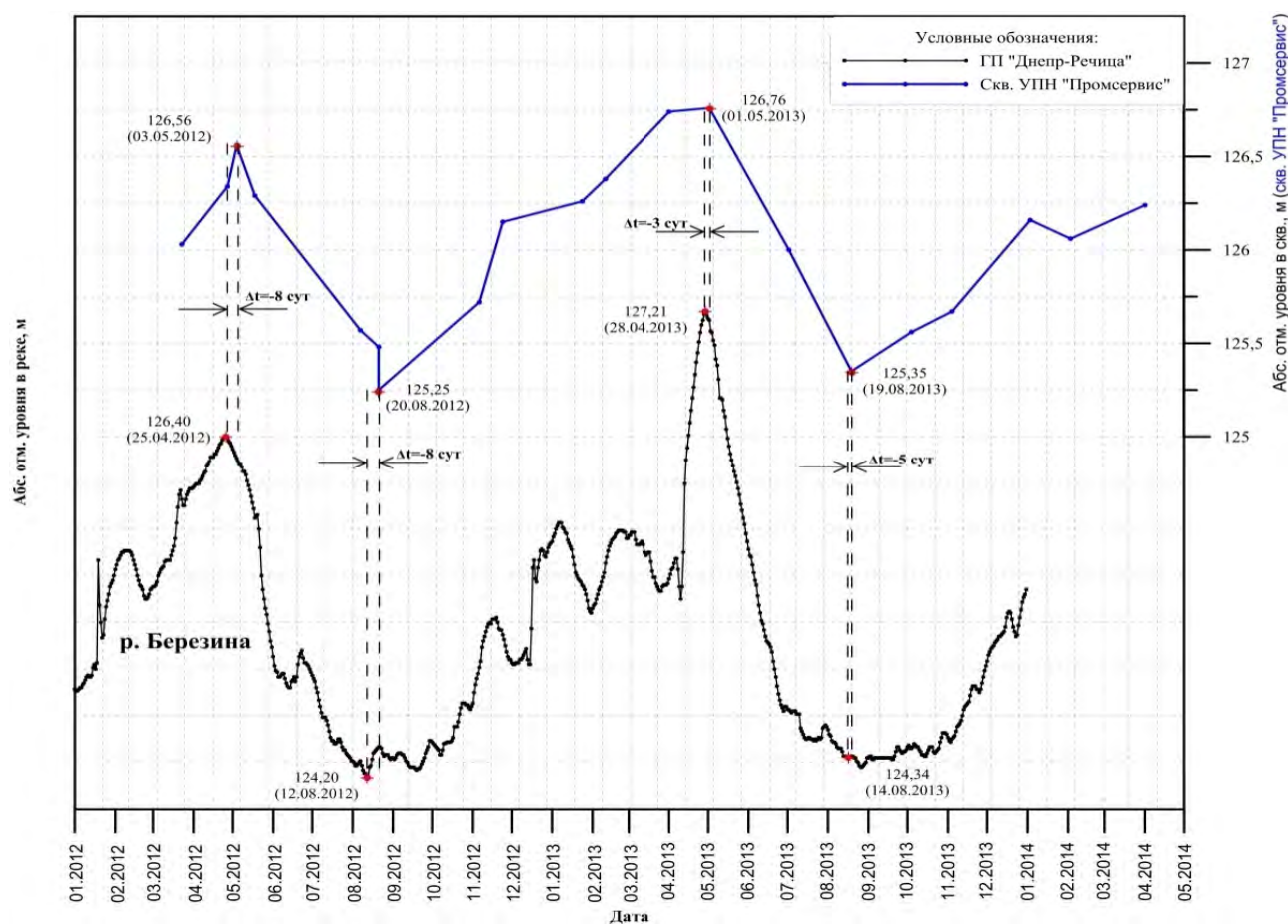


Рис. 6. Совмещенный график хода уровней подземных вод скв. УПН «Промсервис» и р. Березина. Скв. УПН «Промсервис».

Характеристика взаимосвязи артезианских вод юрского водоносного комплекса

В качестве объекта для исследования по келловейскому водоносному горизонту средней юры выбрана скважина 22_1, расположенная в санаторно-оздоровительном комплексе «Солнечный берег» Республиканского унитарного предприятия «Производственное объединение «Белоруснефть» в д. Александровка.

Для скважины 22_1 «Александровская» характерно расположение на левом борту долины реки у кромки пойменного уступа, пространственная приближенность к руслу реки и незначительные объёмы отбора воды.

Такой режим водоотбора, несмотря на низкую водопроницаемость водоносного горизонта, позволяет достаточно точно определить с положением статического уровня (рис. 7), который на протяжении всего периода наблюдений располагается выше уровня воды в реке Днепр, гидрологический пост «Днепр – г. Речица», находящийся выше по течению реки относительно скважины.

В гидрогеологическом разрезе водоносный горизонт находится на нижней границе зоны активного водообмена, на что указывает слабая минерализация подземных вод.

Для обоснования режима гидравлической взаимосвязи поверхностных и подземных вод для скв. 22_1 взяты две реки: Днепр и Сож. Временные характеристики прохождения экстремальных точек уровней скв. 22_1 опережают аналогичные для уровня

вод р. Днепр, несмотря на то, что гидрологический пост располагается выше по течению. Такое соотношение нарушает логику взаимодействия объектов сравнения, тем более что водопроницаемость келловейского водоносного горизонта низкая.

Учитывая общее направление стока по соседнему и вышележающему хорошо изученному альб-нижнесеноманскому водоносному горизонту [6] и характер распределения гидроизопьез в междуречье Днепр–Сож и Днепр–Припять, можно предположить более заметное влияние на динамику потока в месте расположения скв. 22_1 северных и север-северо-восточных направлений, чем северо-западных и западных. Подобный характер распределения гидроизопьез можно допустить и для рассматриваемого келловейского водоносного горизонта в междуречье Днепр – Сож.

Сравнение динамики уровня режима вод скв. 22_1 и гидрологического поста «Сож – г. Гомель» даёт нормальную последовательность распространения возмущений в системе поверхностных и подземных вод, даже с учетом расстояния между пунктом сравнения и скважиной, которое составляет порядка 30 км. Хорошую сходимость показывают и периоды добегания возмущения от весеннего половодья и момента окончания летне-осенней межени р. Сож. Более высокие значения коэффициентов корреляции для гидрологического поста «Сож – г. Гомель» также подтверждают приоритет влияния режима р. Сож на режим уровней воды скв. 22_1.

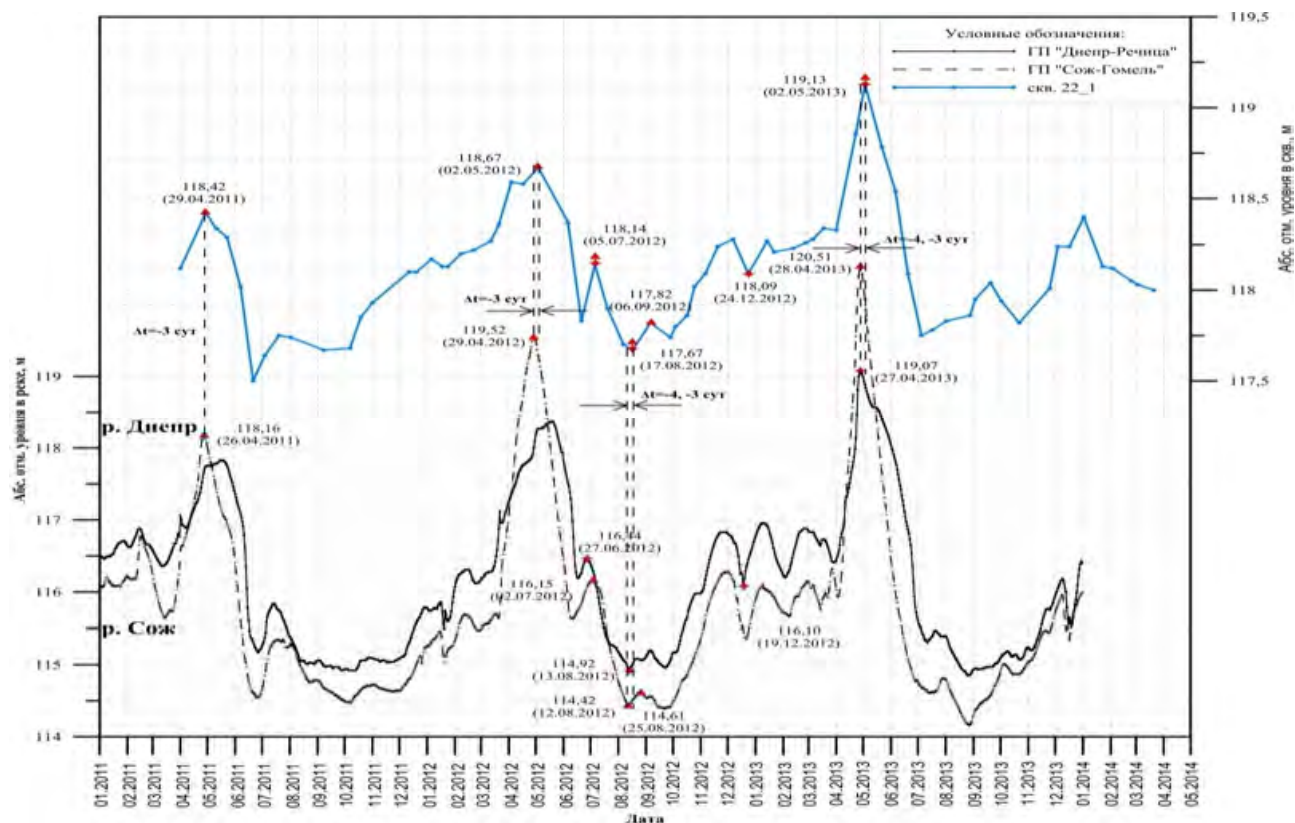


Рис. 7. Совмещенный график хода уровней подземных вод скв. 22_1 (д. Александровка) и поверхностных водотоков.

Выводы

Исходя из полученных результатов анализа совместного хода уровней поверхностных и подземных вод, можно сделать вывод о несомненном и приоритетном влиянии поверхностных водотоков на режим артезианских вод зоны активного водообмена. Выявлена закономерность, заключающаяся в том, что подземные напорные воды основных водоносных горизонтов и комплексов, в пределах Припятского гидрогеологического бассейна, имеют годовой ход уровней, идентичный годовым изменениям здесь уровня поверхностных вод.

Отличительной особенностью являются величины амплитуд и интенсивность их формирования, обусловленные глубиной залегания исследуемых подземных вод, геолого-литологическим строением разреза, удаленностью от водотоков и водоемов.

ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Козлов, М. Ф. Режим подземных вод и влаги в зоне аэрации на территории Белорусского Полесья / М. Ф. Козлов, В. П. Васильев. – Минск: Наука и техника, 1974. – 203 с.
- 2 Круковский, Ю. Б. Об уровненом режиме подземных вод зоны активного водообмена Припятского артезианского бассейна / Ю. Б. Круковский, О. Л. Калугина // Поиски и

освоение нефтяных ресурсов Республики Беларусь: сб. науч. трудов. – Гомель. – 2012. – С. 253–263.

- 3 Рудько, В. С. Теория взаимосвязи режимов поверхностных и подземных вод. Упругая передача возмущения / В. С. Рудько, А. Г. Рагина // Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси и сопредельных государств: сб. науч. трудов. – Гомель, ГГУ им. Ф. Скорины. – 2015. – С. 121–123.

- 4 Фишер, И. З. Статистическая теория жидкостей / И. З. Фишер. – М.: Наука, 1961. – 280 с.

- 5 Рудько, В. С. Гидравлический режим подземных и поверхностных вод Припятского гидрогеологического бассейна и оптимизация режимных наблюдений / В. С. Рудько // Новое в познании процессов рудообразования: сб. науч. трудов. – Москва, ИГЕМ РАН. – 2014. – С. 239–240.

- 6 Коробейников, Б. И. Особенности формирования эксплуатационных запасов альб-нижнесеноманского водоносного горизонта на территории Белоруссии: дис. ... канд. геол.-мин. наук / Б. И. Коробейников. – Минск. – 1988. – 166 с.

- 7 Станкевич, Р. А. Проблемы оценки влияния водозаборов подземных вод на сток рек Беларуси / Р. А. Станкевич, М. М. Черепанский // Особенности формирования гидрогеологических и инженерно-геологических условия Белоруссии: сб. науч. трудов. – Минск. – 1979. – С. 65–72.

- 8 Гриневский, С. О. Оценка инфильтрационного питания и ресурсов подземных вод на основе геогидрологических моделей: автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук / С. О. Гриневский. – М. – 2012. – 44 с.

Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины

Рудько В. С., магистр геолого-минералогических наук
Тел.: +375293672759

Francisk Skorina Gomel State University

Rud'ko V. S., Master of Geological and Mineralogical Sciences
Tel.: +375293672759