

Калинин М.Ю., Синякевич Л.С.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Одной из важнейших проблем, связанных с изучением водных ресурсов, является оценка условий и процессов формирования гидродинамического режима подземных вод зоны активного водообмена под влиянием естественных (в первую очередь климатических) факторов. Получаемая в результате этих исследований информация важна для составления прогнозов общего пользования (для различных потребителей), для расчетов при проектировании строительства (автодорожного, железнодорожного, гражданского и промышленного, при обосновании судоходства на реках, при подсчете гидроэнергетических ресурсов и др.).

К настоящему времени накоплен значительный объем гидрогеологических, геологических, геоморфологических, климатических данных, на основании которых возможно изучение пространственно-временных закономерностей в формировании режима подземных вод на территории Беларуси.

Малоизученными в республике остаются вопросы выявления пространственно-временных закономерностей гидродинамического режима подземных вод в годовом и многолетнем разрезе на региональном и локальном уровнях. В связи с этим актуальной проблемой является оценка условий и процессов формирования гидродинамического режима подземных вод зоны активного водообмена на современном этапе и установление пространственно-временных закономерностей

его изменения под воздействием естественных факторов, уделяя особое внимание влиянию климата [1, 2].

Для анализа условий формирования гидродинамического режима подземных вод Брестской области выбирались стационарные посты наблюдений за естественным режимом подземных вод РУП «Белгеология», расположенные в разных частях области и имеющие наиболее продолжительные ряды (табл. 1). Гольинский (ГЛ) пост расположен на севере области в южной части Новогрудской возвышенности в водосборе р. Гольинка, Столинский (СЛ) и Плоскинский (ПЛ) – в пределах Припятского Полесья в водосборе р. Горынь и р. Бобрин, соответственно, Каменюкский (КМ) – на западе области на Прибугской равнине в бассейне р. Пр. Лесная.

Наблюдательные скважины оборудованы на водоносный надморенный флювиогляциальный горизонт, за исключением СЛ 109, которая расположена в слабоводоносном межморенном олигоцен-неогеновом терригенном комплексе, ПЛ 225, оборудованной на озерно-аллювиальный и ГЛ 1, 2, расположенных в слабоводоносном сожском моренном комплексе.

По литологическому составу породы скважин СЛ 111, КМ 634, 635, 637, 638, ПЛ 25, 227 – пески, пески с включениями гравия, СЛ 109 – пески глинистые, ГЛ 1, 2 – морена. По возрасту это сожские, днепровские и поозерские отложения (табл. 2) [1].

Таблица 1. Продолжительность наблюдений за уровнем грунтовых вод

Пост	Номер скважины	Годы наблюдений		Абсолютная отметка уровня земли, м	Бассейн реки
		начало	окончание		
Каменюкский	634	1971	2000	147,90	Зап. Буг
	635			158,56	
	637			167,01	
	638			159,35	
Плоскинский	25	1952	2000	153,77	Припять
	227	1956		153,08	
Столинский	109	1955	2000	138,01	Припять
	111			138,21	
Гольинский	1	1967	2000	205,00	Неман
	2			210,16	

Таблица 2. Основные характеристики условий залеганий подземных вод

Пост	Номер скважины	Сведения о горизонте	Литологический состав водовмещающих пород	Возраст водовмещающих пород
Гольинский	1	грунтовый	морена	gIIsž
	2	грунтовый	морена	gIIsž
Столинский	109	грунтовый	пески глинистые	P ₃ +N
	111	грунтовый	пески	fIIId ^s
Плоскинский	25	грунтовый	пески	fIIId ^s
	225	грунтовый	пески	laIIpz
Каменюкский	634	грунтовый	пески с включениями гравия	fIIsž ^s
	635	грунтовый	пески с включениями гравия	fIIsž ^s
	637	напорный	пески с включениями гравия	f.lglbr-IIId
	638	грунтовый	пески с включениями гравия	fIIsž ^s

Калинин Михаил Юрьевич. Д.т.н., г.н.с., зам. директора по научной работе Института проблем использования природных ресурсов и экологии (ИПИПРЭ) НАН Беларуси.

Синякевич Любовь Николаевна. Аспирант Института проблем использования природных ресурсов и экологии (ИПИПРЭ) НАН Беларуси.

Беларусь, 220114 г. Минск, Староборисовский тракт, 10.

Таблица 3. Основные статистические характеристики среднеголетних УГВ по постам

Пост и скв.	Показатели	Норма, м	Коэффициент изменчивости	Коэффициент асимметрии
КМ 634		146,85	0,05	0,67
КМ 635		151,99	0,16	-0,15
КМ 637		156,22	0,25	0,08
КМ 638		154,23	0,12	-0,04
ПЛ 25		151,08	0,18	0,03
ПЛ 227		151,90	0,21	0,54
СЛ 109		134,28	0,31	0,55
СЛ 111		134,37	0,18	0,50
ГЛ 1		203,65	0,35	-0,15
ГЛ 2		204,78	0,20	0,63

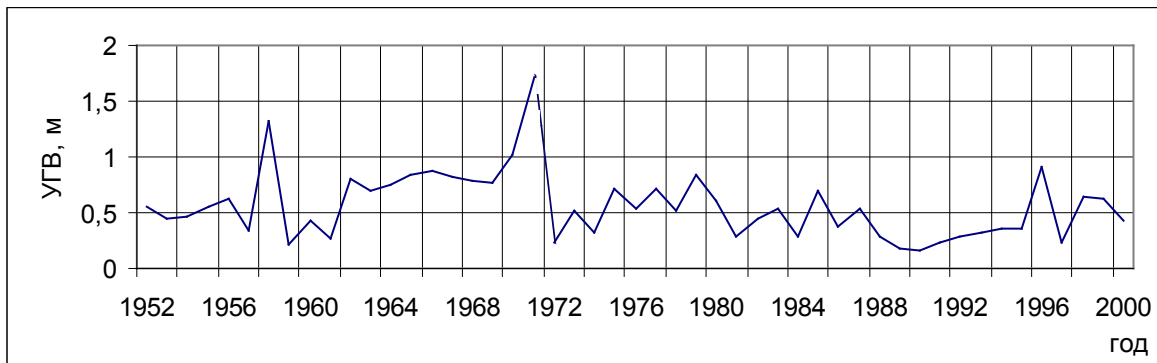


Рис. 1. Весенняя амплитуда УГВ в скв. 25 Плоскинского поста

Анализируются среднемесячные УГВ, экстремальные УГВ (предвесенний минимум, весенний максимум, летне-осенний минимум, осенний максимум, зимний минимум, абсолютные минимум и максимум), годовые и весенние амплитуды.

В таблице 3 представлены характеристики рядов данных за многолетний период наблюдений: норма, коэффициенты изменчивости и асимметрии.

Коэффициент изменчивости зависит от глубины залегания подземных вод: в песчаных породах при УГВ от 0,6 до 6,5 м он составляет от 0,05 до 0,18. При залегании грунтовых вод ближе к поверхности земли и глубже 7 м амплитуда колебаний увеличивается. Аналогичные закономерности установлены при анализе и годовых амплитуд колебания УГВ - основным фактором, регулирующим размеры годовой амплитуды, является величина мощности зоны аэрации.

Весенний максимум наблюдается с конца марта до мая (в отдельные годы в начале июня), в период установления положительных температур и активного таяния снега. Наибольший подъем УГВ, как правило, отмечается в апреле. В скважинах, расположенных на водоразделе, подъем наблюдается примерно на 0,5-1 месяца позже, чем в скважинах поймы, и составляет около 0,1-0,2 м (в пойме 0,7 м) по отношению к предвесеннему минимуму.

Дальнейшее постепенное снижение УГВ (летне-осенний минимум) связано с высокими положительными температурами и повышенным испарением. В летний период УГВ определяется температурой и осадками предыдущих одного-двух месяцев, что подтверждается кросскорреляционным анализом. При этом установлена обратная связь с температурой предыдущих месяцев - с увеличением температуры УГВ понижается. В связи с «запаздыванием» реакции на изменения климатических факторов УГВ на 1-2 месяца, минимальные уровни подземных вод смещены на осенний период и отмечаются в сентябре и октябре. Тем не менее, наблюдения показали, что в отдельные годы минимальный летне-осенний уровень устанавливается как в более ранний период - в августе, так и в более поздний - в ноябре, а в отдельные годы минимальные УГВ отмечаются в первый месяц зимы. С увеличением глубины залегания подземных вод так называемое

«запаздывание» УГВ также увеличивается - наиболее часто летне-осенний минимум в конце осени - начале зимы отмечен в скважинах ГЛ 2, КМ 635, 637, СЛ 109, ПЛ 25.

В период с октября - ноября до декабря наблюдается подъем УГВ в среднем на 1,2 м (осенний максимум), связанный с более низкими осенними температурами воздуха и более низким по сравнению с летом испарением. Абсолютные осенние максимумы отмечены в большинстве случаев в ноябре-декабре. Отклонения от этих сроков в отдельные годы связаны с климатическими условиями, когда летний минимум переходит в зимний, или максимумы установлены в сентябре.

Дальнейшее снижение УГВ (зимний минимум) обусловлено установлением отрицательных температур воздуха, промерзанием верхних слоев почвы и прекращением инфильтрационного питания грунтовых вод за счет атмосферных осадков. Начало активного промерзания зоны аэрации определяется датой устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C в область отрицательных значений.

Наиболее резкое изменение УГВ, как правило, происходит в период активного снеготаяния: вслед за предвесенним минимумом наступает весенний максимум. В течение месяца величина повышения УГВ в среднем составляет 0,6 м. В отдельные годы в связи с зимними оттепелями происходит повышение УГВ зимой, в этом случае весенний подъем УГВ незначителен.

В период с 1988 по 1992 гг. наблюдалось пятилетнее потепление [3]. Относительно теплые зимы этого периода привели к снижению весенней амплитуды УГВ в результате незначительного промерзания почвы, частичного расходования воды в снежном покрове при его таянии и более значительного питания подземных вод в зимний период. Напротив, пятилетнее похолодание 1963-1967 гг., обусловленное падением температуры воздуха в зимние месяцы и марте, вызвало увеличение весенней амплитуды. Это связано с промерзанием зоны аэрации, прекращением питания подземных вод в зимний период, значительным запасом воды в снежном покрове. Особенно выражены изменения в ходе весенних амплитуд УГВ Плоскинского поста в скважине 25 (рис. 1).

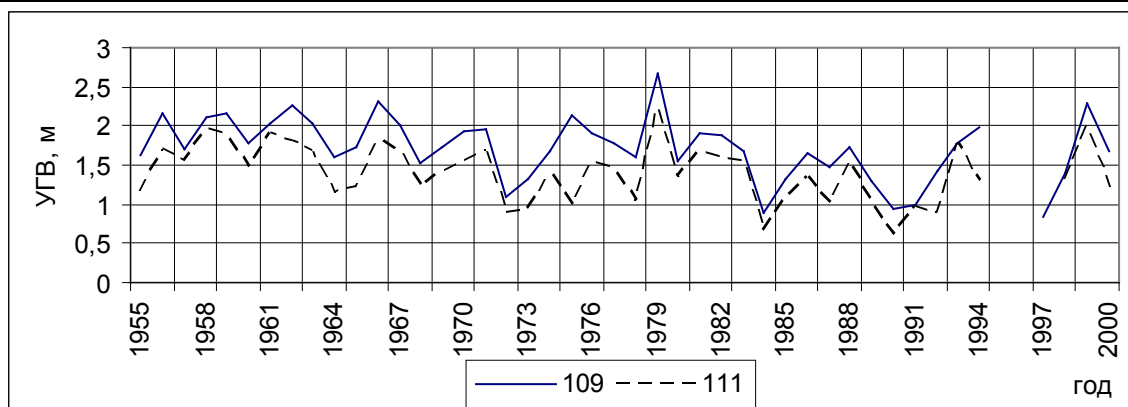


Рис. 2. Годовая амплитуда УГВ в скв. 109, 111 Столинского поста

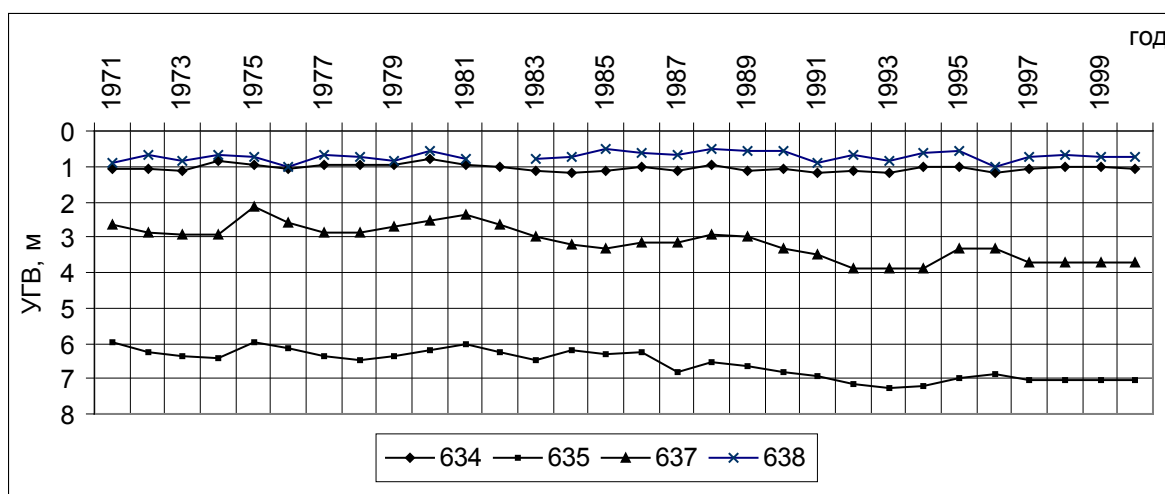


Рис. 3. Среднегодовой УГВ (относительно поверхности земли) в скважинах Каменюкского поста

Кросскорреляционный анализ показал, что УГВ определяется температурой и осадками предыдущего месяца, в некоторых случаях – предыдущих двух месяцев. Прямая зависимость между осадками теплого периода (апрель – ноябрь) установлена на всех режимных гидрогеологических скважинах со смещением на «1», с таким же смещением, но с отрицательным коэффициентом корреляции, установлена связь между температурой и УГВ. Иначе говоря, уровень грунтовых вод в период с апреля по ноябрь зависит от количества атмосферных осадков и температуры воздуха предыдущего месяца. На постах, режимные наблюдения на которых ведутся свыше 40 лет (СЛ, ПЛ), отмечена также тесная связь с атмосферными осадками и температурой воздуха предыдущих трех месяцев теплого периода.

Годовая амплитуда определяется многими факторами, из которых главная роль принадлежит атмосферным осадкам, о чем может свидетельствовать график амплитуд многолетних наблюдений за УГВ Столинского поста (рис. 2). Грунтовые воды скважин 109 и 111 расположены на разных глубинах и в разных литологических условиях, тем не менее, ход годовых амплитуд похожий.

Размах годовых амплитуд (разность между наибольшим и наименьшим их значением за весь многолетний период наблюдений) составляет от 0,45 до 1,83 м, что объясняется резкими колебаниями засушливых и влагообильных лет.

Спектральный и автокорреляционный анализы фактического материала показали, что существует годовой (12 мес.) цикл, циклы продолжительностью в 3 – 4, 6 – 7 и в 10 – 12 лет. По данным спектральной оценки температуры [3], наибольшую повторяемость имеют циклы 2 – 3, 4 – 6 и 10 –

12 лет. Таким образом, очевидна связь многолетних периодов колебания грунтовых вод и климатических факторов. Большая продолжительность периодов изменения УГВ связана с инерционностью среды. Последний, 10 – 12-летний цикл, по всей вероятности, связан с солнечной активностью. Тем не менее, говорить о достоверности полученных результатов рано, так как 11-летний цикл отмечается только в результате анализа нескольких наиболее длинных рядов наблюдений. Установить циклы большей продолжительности не представляется возможным в связи с короткими рядами наблюдений за УГВ.

В ходе среднемноголетних УГВ всех постов с начала 80-х гг. отмечается устойчивое понижение, особенно четко выраженное при глубине залегания подземных вод ниже 2 м. Наглядным примером этой закономерности в УГВ является Каницкий пост (рис. 3).

Выполненные исследования режима грунтовых вод показали, что он определяется главным образом внутригодовыми и многолетними изменениями температуры и осадков. Как и в целом по республике, на территории Брестской области отмечаются характерные для районов с сезонным промерзанием почво-грунтов минимальные и максимальные УГВ (весенний и осенний максимумы, летне-осенний и зимний минимумы). В течение года УГВ зависит от температуры и осадков предыдущих двух-трех месяцев, при этом отмечается обратная линейная зависимость от температуры в теплый период года. Разброс значений УГВ зависит также от мощности зоны аэрации и дренированности территории. Четко прослеживаются циклы колебаний УГВ продолжительностью в 3-4, 6-7 и в 10-12 лет. Период потепления в январе-марте 1988-1992 гг.

обусловил снижение весенних амплитуд УГВ, а похолодание в декабре-феврале 1963-1967 гг. – их увеличение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Калинин М. Ю., Логинов В.Ф., Иконников В.Ф., Синякевич Л.Н., Тимофеев А.В. Исследование изменений поверхностных и подземных вод в результате естественных и антропогенных факторов/ Природопользование. Сб. науч. тр. ИПИПРЭ НАН Б /под ред. И.И. Лиштвана, В.Ф.

Логинова. Вып. 8. – Минск: ИГН НАН Беларуси, 2002. – С.88 – 98.

2. Калинин М.Ю., Синякевич Л.Н., Тимофеев А.В. Анализ многолетнего естественного режима уровня подземных вод в бассейне р. Неман и Минской городской агломерации/ Вестник БГТУ Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология. - № 2(14), 2002. – С. 4 – 7.
3. Климат Беларуси / Под ред. В.Ф. Логинова – Минск: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.

УДК 631.2: 691.223: 631.2: 691.215.5

Нестеров М.В., Лейко Д.М.

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ САПРОПЕЛЯ В ПЕСКЕ НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПЕСЧАНО-САПРОПЕЛЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

При строительстве противофильтрационных завес способом "стена в грунте" могут использоваться различные материалы. В качестве такого материала возможно использование отложенных озер – сапропелей, что было показано в ранее выполненных работах кафедры ГТС и водоснабжения.

При строительстве противофильтрационных завес способом "стена в грунте" в основании гидротехнических сооружений возникает необходимость прогнозирования деформаций этих завес (стенки), так как заглинизированный грунт (песчано-сапропелевая композиция), уложенный в противофильтрационную завесу независимо от способа укладки всегда дает осадку.

Для определения несущей способности противофильтрационных завес и их деформаций необходимо знать деформационные и прочностные характеристики материалов этих завес. Для этого были проведены компрессионные исследования песчано-сапропелевых композиций. Исследуемые составы состояли из песка среднего и высокозолевого сапропеля. Содержание сапропеля в составе песок+сапропель изменялось 5%, 7,5% и 10%.

В табл. 1 и 2 приведены соответственно физические характеристики материалов и их смесей и гранулометрический состав исходных материалов.

Опыты проводились на приборах ГПП-29. Нагрузки прикладывались ступенями в следующей последовательности: 0,01; 0,02; 0,05 и далее ступенями 0,1 до 0,2 МПа. Каждую сообщаемую образцу ступень давления выдерживали до уловной стабилизации деформации. За условную стабилизацию принимали величину деформации, не превышающую 0,02 мм за последние 4 суток.

Деформации образцов в процессе испытаний определялись с помощью индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм.

В результате исследований были получены степени консолидации образцов, которая представляет собой отношение осадки – деформации образца – в компрессионном приборе в некоторый момент времени (*T*) к полной осадке его, наблюдаемый по окончании процесса консолидации при данной нагрузке.

Таблица 1. Физические свойства исходных материалов

№№ составов	Содержание сапропеля в составе, %	Плотность твердых частиц, г/см ³	Плотность состава, г/см ³	Плотность в воздушно-сухом состоянии, г/см ³	Влажность, %	Коэффициент пористости	Коэффициент водонасыщения	Коэффициент неоднородности
Песок	-	2,62	-	1,68	-	0,52	-	4,8
Сапропель	-	2,55	-	0,58	-	3,40	-	-
Состав N-1	10	2,54	1,74	1,26	38,5	0,98	1,00	200
Состав N-2	7,5	2,55	1,87	1,32	31,3	0,79	1,00	150
Состав N-3	5	2,58	1,98	1,39	23,6	0,61	1,00	60

Таблица 2. Гранулометрический состав исходных материалов

Вид грунта	Содержание фракций, %								
	2...1,0	1,0...0,5	0,5...0,25	0,25...0,1	0,1...0,05	0,05...0,01	0,01...0,005	0,005...0,001	<0,001
Сапропель	-	-	0,3	0,6	2,0	19,5	12,2	32,0	33,4
Состав N-1	16	32,5	20,0	5,1	2,5	6,4	3,8	7,9	5,8
Состав N-2	19,2	36,3	19,2	5,8	2,1	4,5	3,0	5,8	4,1
Состав N-3	22,0	38,8	18,4	4,9	1,7	4,2	2,5	4,6	2,9
Песок	28,1	39,9	21,5	8,3	1,0	0,7	0,2	0,3	-

Нестеров Михаил Васильевич. К.т.н, доцент, зав. каф. гидротехнических сооружений и водоснабжения Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.

Лейко Дмитрий Михайлович. Аспирант каф. гидротехнических сооружений и водоснабжения Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.

Беларусь, БГСХА, г. Горки.