

Change Biology. – Vol. 17 – № 1. – P. 268–275. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02249.x>.

34. Yoo, J. Trends and fluctuations in the dates of ice break-up of lakes and rivers in Northern Europe: the effect of the North Atlantic Oscillation / J. Yoo, P. D'Odorico // Journal of Hydrology. – Vol. 268, Issue 1. – P. 100–112. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00161-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00161-0).

УДК 631.432.1

ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛЬНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ УРОВНЕЙ ГРУНТОВЫХ ВОД В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА НА ПРИМЕРЕ ПРИОКСКО-ТЕРРАСНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Л. М. Китаев¹, В. А. Аблеева²

¹Институт географии РАН, Москва, Россия, lkitaev@mail.ru

²Приокско-Террасный государственный природный биосферный заповедник, пос. Данки, Россия, sfm@mail.ru

Аннотация

На примере Приокско-Террасного заповедника выявлена локальная структура сезонной и многолетней изменчивости уровней грунтовых вод на фоне изменчивости метеорологического режима. Оценена амплитуда различий уровней в связи с прежде всего неоднородностью рельефа и растительного покрова, при тесной коореляционной связи сезонного хода уровней различных скважин. Основная особенность как сезонного так и многолетнего хода уровней грунтовых вод состоит в их незначительной вариабельности во времени – ввиду отсутствия притока влаги с поверхности и, соответственно, отсутствия корреляционной связи с ходом приземной температуры воздуха, осадков и снегозапасов. Вместе с тем, наблюдается значимая тенденция многолетнего повышения уровней грунтовых вод на фоне роста приземной температуры воздуха, увеличения осадков и снегозапасов. Полученные в заповедных условиях результаты актуальны для уточнения региональных оценок состояния грунтовых вод, а также для верификации численных моделей – в условиях антропогенного воздействия на водные ресурсы.

Ключевые слова: уровни грунтовых вод, метеорологические характеристики, холодный сезон года, корреляционные связи, сезонные и многолетние изменения.

FEATURES OF LOCAL VARIABILITY OF GROUNDWATER LEVELS IN THE COLD PERIOD OF THE YEAR ON THE EXAMPLE OF THE PRIOKSKO-TERRACE RESERVE

L. M. Kitaev, V. A. Ableeva

Abstract

The local structure of seasonal and long-term variability of groundwater levels against the background of the variability of the meteorological regime was revealed on the example of the Prioksko-Terrasny Reserve. The amplitude of differences in levels is estimated in connection with, first of all, the heterogeneity of the relief and

vegetation cover, with a close correlation between the seasonal course of the levels of various wells. The main feature of both the seasonal and long-term course of groundwater levels is their slight variability over time due to the lack of moisture inflow from the surface and, accordingly, the absence of a correlation with the course of air temperature, precipitation and snow storages. At the same time, there is a significant tendency for a long-term increase in groundwater levels against the background of an increase in air temperature, an increase in precipitation and snow storages. The results obtained in protected areas are relevant for refining regional estimates of the state of groundwater, as well as for verifying numerical models under the conditions of anthropogenic impact on water resources.

Keywords: groundwater levels, meteorological characteristics, cold season, correlations, seasonal and long-term changes.

Введение. Глобальное потепление последних десятилетий приводит к изменению осадков и испарения и, соответственно, к изменению структуры годового речного стока. На территории Восточно-Европейской равнины, в частности, происходит многолетнее снижение объемов весеннего половодья рек при росте расходов межени: через усиление в зимний период фильтрации поверхностной влаги в почву и увеличения подземой составляющей речного стока на фоне увеличения числа зимних оттепелей при повышении приземной температуры воздуха. Так, в частности, для Восточно-Европейской равнины во второй половине 20 в. отмечалось повышение грунтовых вод: по данным С. А. Журавина и др. (Журавин и др., 2020), на Нижнедевицкой воднобалансовой станции за период 1978-1990 гг. уровень поднялся на 1 м, на воднобалансовой станции Каменная Степь в период 1978-2008 гг. уровни выросли на 2.4-2.8 м с последующим снижением на 0.5-0.8 м и стабилизацией.

Таким образом, исследование современного состояния грунтовых вод актуально для оценки структурных изменений водного баланса в условиях современного климата и при значительном антропогенном воздействии на водные ресурсы – при том, что на территории Европы грунтовые воды составляют 36.2 % от общего речного стока (Джамалов и др. 2017). Обобщения особенностей современной трансформации подземных вод и их роли в водном балансе достаточно подробно рассматриваются в литературе в связи с изменениями климата (Вершинина и др., 1985; Джамалов и др., 2013; Джамалов и др. 2017; Куделин 1960; Brunner, 2009; и др.), геологическими особенностями территории (Гриневский, 2021; Ланге 1969, Шестаков, Поздняков, 2003; и др.), рельефом и растительностью (Ланге, 1939; Русаленко, Филон, 2008 и др.). Подробно также исследуются техногенные причины ухудшения качества грунтовых вод (Абдрахманов, Коммисаров, 2018; и др.; Дюкарев, Пологова, 2009; Серикова и др., 2014; и др.).

Основной задачей проводимых исследований является оценка на примере территории Приокско-Террасного заповедника значимости локальной

изменчивости уровней грунтовых вод на основе уникальных данных, полученных авторами в ходе полевых работ – для последующего применения в региональных обобщениях и верификации модельных алгоритмов.

Методические подходы и исходная информация. В качестве основных факторов изменчивости уровней грунтовых вод выделяются метеорологических режим (приземная температура воздуха, осадки и снегозапасы, изменчивость атмосферного давления), характеристики почвы (температура, состав), рельеф и геологическое строение подстилающих пород.

Динамика уровней, в соответствии изменениями метеорологического режима по сезонам, неоднородна и, в качестве первого этапа исследований на территории Приокско-Террасного заповедника (далее – Заповедник) проведен вблизи сезонной и многолетней динамики уровня грунтовых вод холодного сезона – с октября по апрель включительно за 1991-2016 гг. В ходе исследований использованы декадные данные наблюдений по закрепленным на местности скважинам:

№ 1, 2, 4 и 93 – квартал 36, лесной массив с преобладанием пород на песчаных и легкосуглинистых почвах, приводораздельный участок;

№ 95 – квартал 34, открытое пространство (Долы) с луговой растительностью на средне- и тяжелосуглинистых почвах, понижение рельефа вблизи русла р. Оки;

№ 97 – квартал 5, лесной массив с преобладанием лиственных пород на средне- и тяжедосуглинистых почвах, приводораздельный участок.

Характер изменений уровней грунтовых вод рассматривался на фоне сезонного и многолетнего хода метеорологических характеристик – приземной температуры воздуха и осадков, а также водного эквивалента снега (далее – снегозапасы). Наблюдения метеорологических характеристик проводились по стандартным методикам Росгидромета: приземная температура воздуха и осадки ежесуточно с последующим пересчетом в средние и суммарные за декаду; снегозапасы – ежедекадно по трем закрепленным на местности снегомерным маршрутам в лесных массивах с преобладанием хвойных и лиственных пород (кварталы 36 и 5), а также на открытом пространстве (Долы) (квартал 34). Расположение пунктов наблюдений в непосредственной близости друг от друга позволяет считать результаты сравнения временной изменчивости исследуемых характеристик репрезентативными.

Сезонная изменчивость характеристик. Особенности сезонной изменчивости приземной температуры воздуха и осадков показаны на рисунке 1, количественные показатели – в таблице 1 (осредненные среднемноголетние). Минимальные значения температуры воздуха наблюдаются в январе при сезонном диапазоне $-8.8 - 6.8$ °С и среднем значении за сезон -2.0 °С. Ход осадков достаточно равномерен, при средней сезонной сумме 385 мм и сезонном разбросе 225-535 мм.

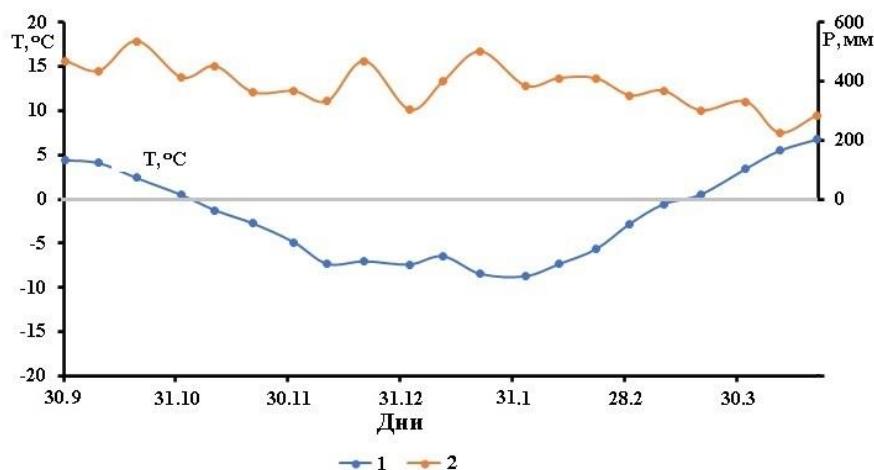


Рисунок 1 – Сезонные изменения среднемноголетних средней приземной температуры воздуха (1) и суммарных осадков (2)

Таблица 1. Сезонная изменчивость метеорологических характеристик холодного периода года

Характеристика	Среднее	Минимум	Максимум
Приземная температура воздуха (°C)	-2.0	-8.8	6.8
Сумма осадков (мм)	385	225	535

Максимальные снегозапасы на территории Заповедника фиксируются в конце февраля - начале марта, устойчивый снежный покров формируется в начале ноября, разрушается к третьей декаде апреля (рисунок 2). Наибольшие снегозапасы характерны для лесных массивов с преобладанием лиственных пород и открытых пространств, наименьшие – в лесных массивах с преобладанием хвойных пород. При этом, внутрисезонная динамика снегозапасов разных участков различается мало – коэффициент корреляции составляет 0.98.

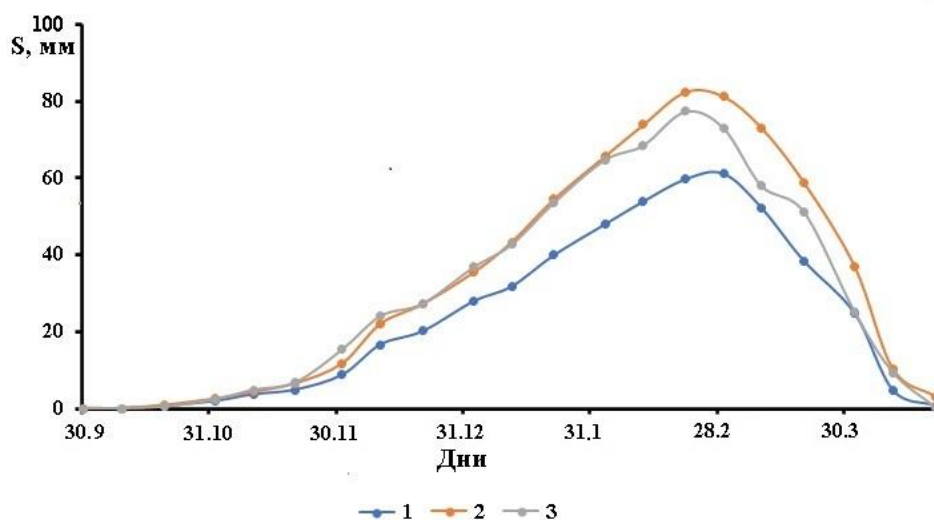


Рисунок 2 – Сезонные изменения снегозапасов в лесах с преобладанием хвойных (1) и лиственных (2) пород - кварталы № 36 и № 5, а также на открытом пространстве (долы) (3) – квартал № 34

Изменчивость уровней грунтовых вод в холодный сезон мала, повсеместно в диапазоне нескольких миллиметров при малой величине стандартного отклонения (рисунок 3, таблица 2) – сказывается снижение притока влаги от поверхности в связи с отсутствием жидких осадков и промерзанием почвы. Наибольшая глубина залегания грунтовых вод отмечена в лиственном лесу с преобладанием лиственных пород, скважина № 97, наименьшая на открытом пространстве (Долы), скважина № 95 – расположенных, соответственно рельефу, в наиболее высокой и низкой точках Заповедника.

Таблица 2 – Сезонная изменчивость уровней грунтовых вод холодного периода года (см)

Территория / скважина		Среднее	Стандартное отклонение	Минимум	Максимум
Лесные массивы с преобладанием хвойных пород, квартал № 36	Скв. № 1	-6.20	0.089	-6.31	-6.03
	Скв. № 2	-4.71	0.027	-4.77	-4.68
	Скв. № 4	-6.40	0.007	-6.41	-6.38
	Скв. № 93	-4.61	0.044	-4.62	-4.60
Лесные массивы с преобладанием лиственных пород, квартал № 5	Скв. № 95	-7.81	0.008	-7.83	-7.80
Открытое пространство (Долы), квартал № 36	Скв. № 97	-4.16	0.006	-4.17	-4.15

Близко расположенные, в пределах одного квартала, скважины в лесном массиве с преобладанием хвойных пород в холодный период имеют разницу уровней в 1.5-1.8 см, в основном соответственно перепадам рельефа. Сезонный ход уровней грунтовых вод разных лесных участков достаточно синхронен – с коэффициентами корреляции 0.73-0.87, при отсутствии тесной корреляции с динамикой уровней на открытом пространстве.

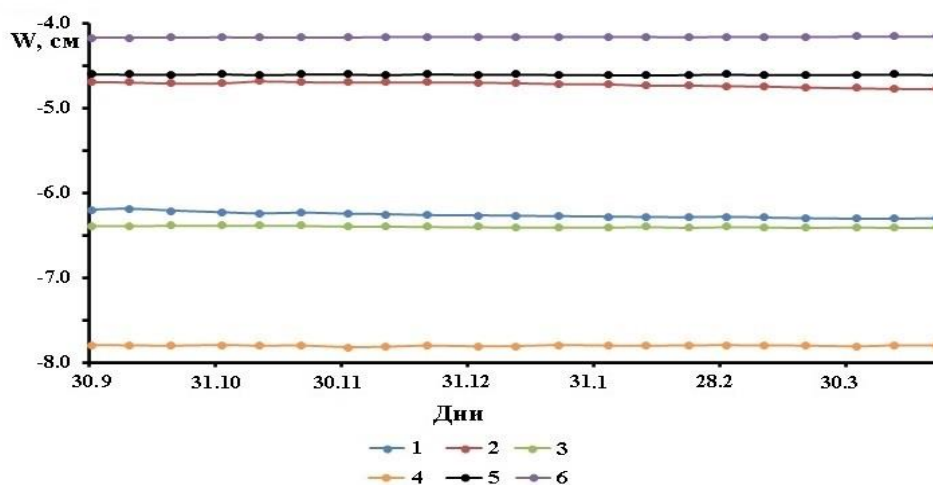


Рисунок 3 – Сезонные изменения уровней грунтовых вод (W, см) в лесах с преобладанием хвойных пород (квартал № 36) – скважины 1 (1), 2 (2), 4 (3), 93 (4); в лесах с преобладанием лиственных пород (квартал № 97) – скважина 97 (5); на открытом пространстве (квартал № 34)

Многолетняя изменчивость характеристик. Рисунок 4 и данные в таблице 3 иллюстрируют особенности многолетних изменений приземной температуры воздуха и осадков: при среднемноголетних значениях -2.1°C и 311 мм, стандартном отклонении 1.55°C и 55.89 мм, характеристики имеют значимые коэффициенты линейных трендов $0.328^{\circ}\text{C} / 10$ лет и 0.377 мм / 10 лет.

Таблица 3 – Многолетняя изменчивость метеорологических характеристик холодного периода года (1991-2016 гг.)

Характеристика	Среднее	Стандартное отклонение	Коэффициенты линейного тренда
Среднесезонная приземная температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{C} / 10$ лет)	-2.1	1.55	0.328
Сезонная сумма осадков (мм, мм, мм / 10 лет)	311	55.89	0.377

Коэффициенты линейного тренда значимы на уровне 95%.

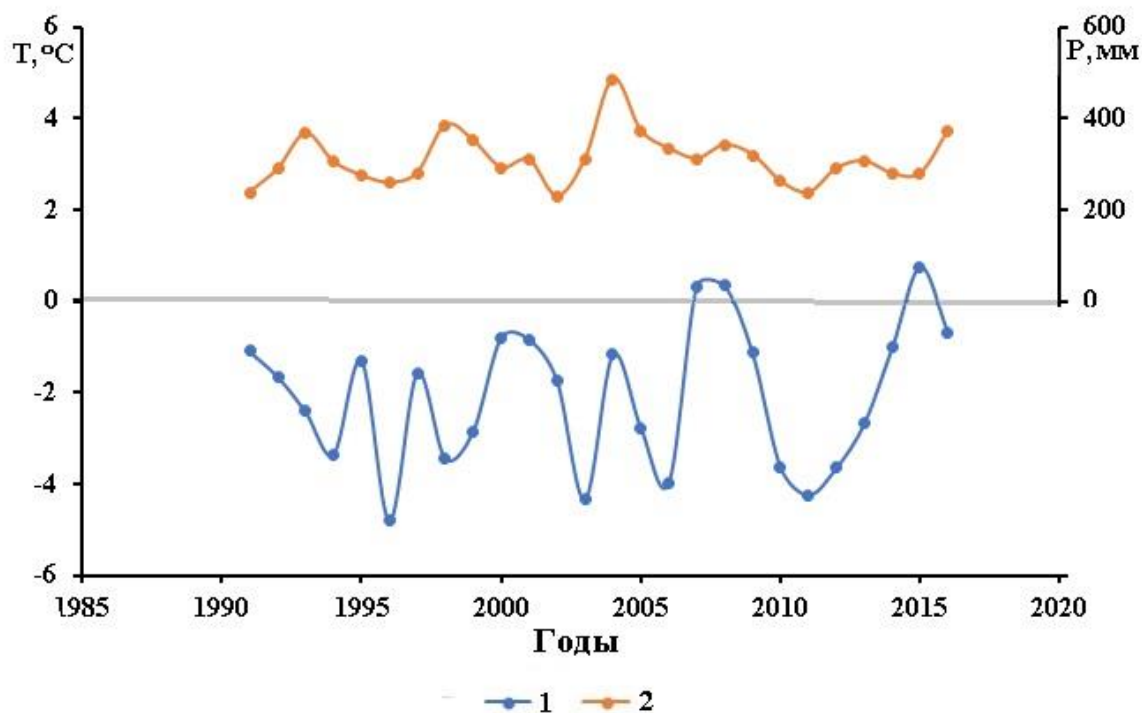


Рисунок 4 – Многолетние изменения приземной температуры воздуха (1) и суммарных осадков (2) холодного сезона

Среднемноголетние снегозапасы лесных массивов с преобладанием лиственных пород и снегозапасы на открытом пространстве превышают снегозапасы лесных массивов с преобладанием хвойных пород в 1.25 - 1.35 раза, различия величины стандартного отклонения невелики, 1.5-1.7 см (рисунок 5, таблица 4). Коэффициенты линейных трендов снегозапасов лесных массивов положительны, значимы и близки – 8.136 - 8.530 мм /10 летБ при отсутствии значимых многолетних тенденций в изменчивости снегозапасов на открытом пространстве.

Таблица 4 – Многолетняя изменчивость снегозапасов (1991-2016 гг.)

Характеристика / территория	Среднее	Стандартное отклонение	Коэффициенты линейного тренда
Снегозапасы (мм, мм, мм /10 лет)			
Лесные массивы с преобладанием хвойных пород	48	12.84	8.136
Лесные массивы с преобладанием лиственных пород	64	14.17	8.530
Открытые пространства	60	15.87	3.234
Количество дней с устойчивым снежным покровом (дни, дни, дни / 10 лет)			
Лесные массивы с преобладанием хвойных пород	125	28.37	-11.050

Количество дней с устойчивым снежным покровом характерных участков различается мало – 125-128 дней, равно как мало различаются отрицательные величины их коэффициентов линейных трендов в лесных массивах - -11.050 и - 10.397 мм / 10 лет; значимые многолетние тенденции изменений продолжительности залегания устойчивого снежного покрова на открытых пространствах отсутствуют.

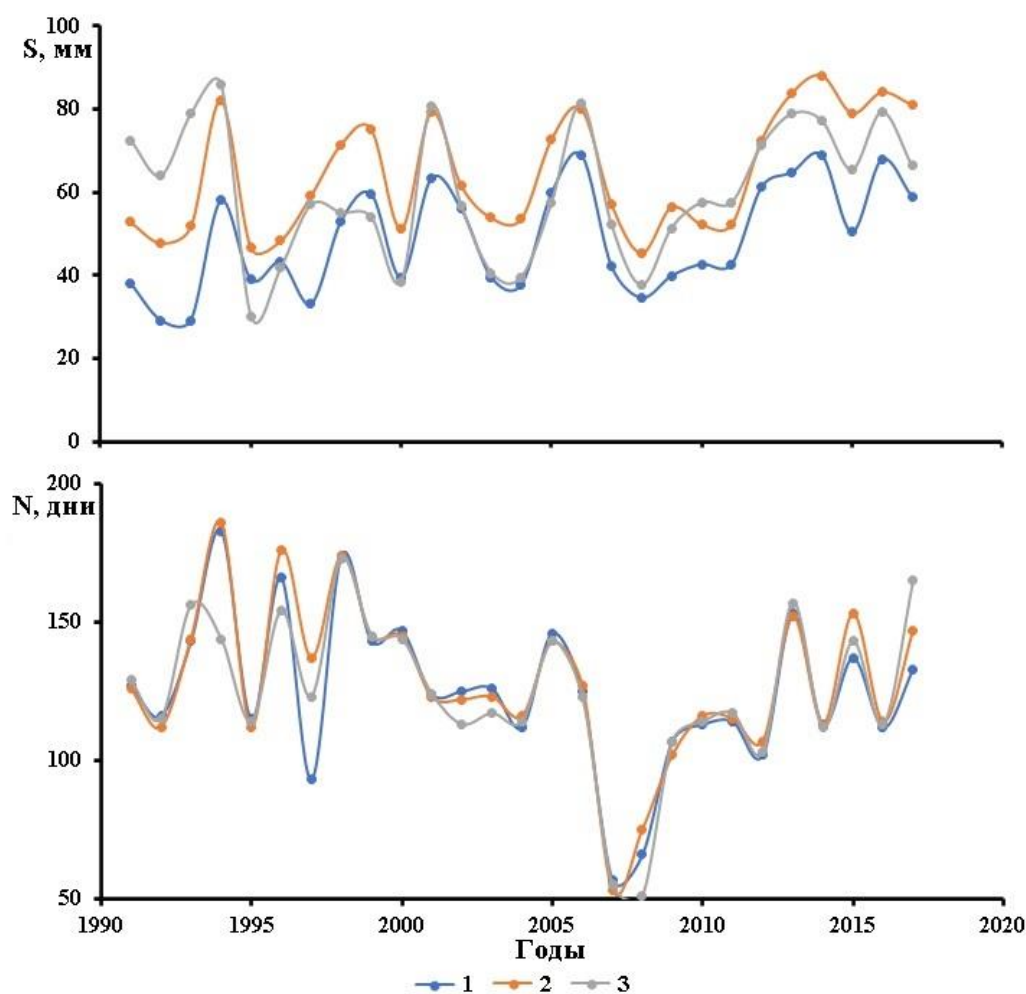


Рисунок 5 – Многолетние изменения средних за сезон снегозапасов (S мм) и количеством дней с устойчивым снежным покровом (N, дни) в лесах с преобладанием хвойных (1) и лиственных (2) пород - кварталы № 36 и № 5, а также на открытом пространстве (долы) – квартал № 34

Особенности многолетнего хода уровней грунтовых вод аналогичен их сезонным изменениям (рисунок 6, таблица 5). Разброс значений в многолетнем ходе также невелик, в диапазоне долей сантиметра. Изменчивость уровней грунтовых вод (стандартное отклонение) в холодный сезон мала, повсеместно в диапазоне нескольких миллиметров, равно как величина стандартного отклонения – сказывается снижение притока влаги от поверхности в связи с отсутствием жидких осадков и промерзанием почвы. Наибольшая среднемноголетняя глубина залегания грунтовых вод характерна для лесных массивов с преобладанием лиственных пород, скважина № 97 – -7.84 см, в одном из наиболее возвышенных мест Заповедника; наименьшая глубина зафиксирована на открытом пространстве (Долы), скважина № 95 – - 4.16 см, в наиболее низком месте Заповедника, вблизи русла р. Оки. Близко расположенные (в пределах одного квартала) скважины в лесном массиве с преобладанием хвойных пород в холодный период имеют разницу уровней в 1.5-1.8 см, что также соответствует перепадам рельефа.

Стандартное отклонение в целом не превышает 0.20 см, будучи максимальным на открытом пространстве (Долы), вблизи русла р. Ока (0.288 см) при значениях в лесных массивах 0.096-0.197 см. Вместе с тем, количество существенных значений стандартного отклонения (более 0.05 см) характерны для лесного массива с преобладанием хвойных пород (рис. 6).

Устойчивое многолетнее значимое повышение уровней грунтовых вод отмечено повсеместно, с максимумами в лесных массивах с преобладанием лиственных пород и на открытом пространстве – 0.224 - 0.287 см / 10 лет.

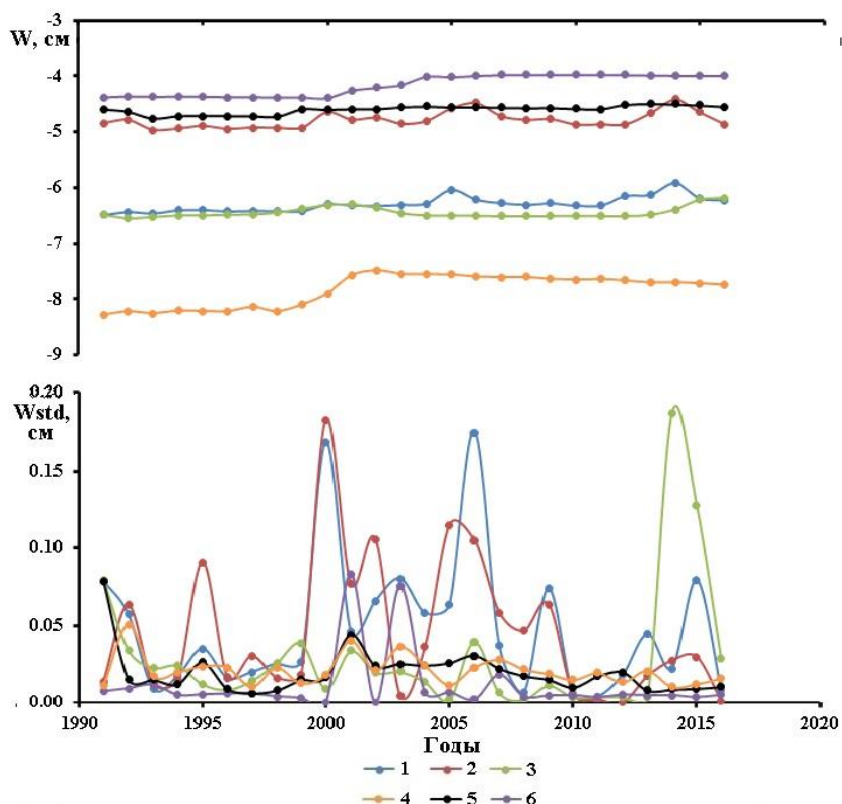


Рисунок 6 – Многолетние изменения уровней грунтовых вод в зимний период (W, см) и их стандартного отклонения (Wstd, мм) в лесах с преобладанием хвойных пород (квартал № 36) – скважины 1 (1), 2 (2), 4 (3), 93 (4); в лесах с преобладанием лиственных пород (квартал № 97) – скважина 97 (5); на открытом пространстве (квартал № 34) – скважина 34 (6)

Таблица 5 – Многолетняя изменчивость уровней грунтовых вод холодного периода года (1991-2016 гг.)

Территория / скважина		Среднее, мм	Стандартное отклонение, мм	Коэффициенты линейного тренда, мм / 10 лет
Лесные массивы с преобладанием хвойных пород, квартал № 36	Скв. № 1	-6.30	0.135	0.138
	Скв. № 2	-4.79	0.146	0.090
	Скв. № 4	-6.45	0.096	0.042
	Скв. № 93	-4.60	0.097	0.079
Лесные массивы с преобладанием лиственных пород, квартал № 5	Скв. № 95	-7.84	0.096	0.287
Открытые пространства (Долы), квартал № 36	Скв. № 97	-4.16	0.288	0.224

Коэффициенты линейного тренда значимы на уровне 95%.

Выводы. Рассмотрены особенности локальной неоднородности грунтовых вод в холодный сезон года – на характерных участках Приокско-Террасного заповедника в период 1991-2016 гг. Выявлена незначительная сезонная и многолетняя вариабельность уровней, в пределах нескольких сантиметров, при малых значениях стандартного отклонения и значимых положительных трендах многолетних изменений. Максимальные пространственные различия уровней соответственно рельефу составляет 3.7 мм – для скважин, расположенных в одной из высоких точек Заповедника (лесной массив с преобладанием лиственных пород) и открытым пространством (Долы), вблизи русла р. Ока. Для близко расположенных скважин в лесном массиве с преобладанием хвойных пород разница уровней лежит в диапазоне 1.5-1.8 см, также соответственно перепадам рельефа. Сезонная динамика уровней грунтовых вод разных участков имеет тесную корреляционную связь (0.73-0.87), при незначительных коэффициентах корреляции для многолетнего хода и отсутствии корреляции с ходом приземной температуры воздуха, осадков и снеготпасов. Изменения уровней грунтовых вод происходят на фоне значимого многолетнего увеличения приземной температуры воздуха, осадков и снеготпасов, при малоразличимых по территории вариаций значений коэффициентов линейного тренда – и при неоднородности величины снеготпасов соответственно особенностям растительного покрова.

Таким образом, для холодного периода года, на примере Приокско-Террасного заповедника, выявлены следующие локальные закономерности изменчивости уровней грунтовых вод:

1. Выявлена незначительная сезонная и многолетняя вариабельность уровней грунтовых вод, в пределах нескольких сантиметров, при малых значениях стандартного отклонения и значимых положительных трендах многолетних изменений.

2. Многолетнее значимое увеличение уровней грунтовых вод соответствует многолетнему увеличению приземной температуры воздуха, осадков и снеготпасов, заметно различаясь абсолютными значениями в пространстве прежде всего в соответствии с неоднородностью рельефа.

3. Сезонная и многолетняя динамика уровней невелика ввиду отсутствия заметного поступления влаги с поверхности в почву зимой, корреляционная связь с динамикой приземной температуры воздуха, осадков и снеготпасов отсутствует.

4. Ввиду малой сезонной изменчивости уровней грунтовых вод в холодный период года, следует считать, что основная их изменчивость проявляется в весенне-летний период. В связи с чем, дальнейшие этапы наших исследований будут направлены на изучение связи изменчивости уровней грунтовых вод и метеорологических характеристик для теплого сезона и года в целом.

Полученные в заповедных условиях результаты актуальны для уточнения региональных оценок состояния грунтовых вод, а также для верификации численных моделей – в условиях антропогенного воздействия на водные ресурсы.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке темы 0148-2019-0009 «Изменения климата и их последствия для окружающей среды и жизнедеятельности населения на территории России» Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук.

Список цитированных источников

1. Абдрахманов, Р. Ф. Мониторинг грунтовых вод в бассейне речного течения реки белой, используемых для локального водоснабжения / Р. Ф. Абдрахманов, А. В. Комиссаров // Строительство и архитектура. – № 5. – 2018. – С. 7–13. DOI 10.26897/1997-6011/2018-5-7-13.
2. Гриневский, С. О. Гидрогеодинамическое моделирование взаимодействия подземных и поверхностных вод. – М. : ИНФРА-М, 2021. – 152 с.
3. Вершинина, Л. К. Оценка потерь талых вод и прогнозы объема стока половодья (в равнинных районах Европейской территории СССР). / Л. К. Вершинина, О. И. Крестовский, И. Л. Калюжный, К. К. Павлова. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 189 с.
4. Джамалов, Р. Г. Изменения поверхностного и подземного стока рек России и их режимов в условиях нестационарного климата / Р. Г. Джамалов, Н. Л. Фролова, М. Б. Киреева, А. А. Телегина // Вестник РФФИ. – 2013. – Т. 6. – № 78. – С. 34–42.
5. Джамалов, Р. Г. Водные ресурсы бассейна Дона и их экологическое состояние / Р. Г. Джамалов, М. Б. Киреева, А. Е. Косолапов, Н. Л. Фролова // М. Издательство ГЕОС, 2017. – 205 с.
6. Дюкарев, А. Г. Водный режим почв в зоне влияния Томского водозабора / А. Г. Дюкарев, Н. Н. Пологова // Вестник Томского государственного университета. – 2009. – Т. 324. – С. 363–371.
7. Журавин, С. А. Многолетние изменения процессов влагооборота по данным воднобалансовых станций в центральной части бассейна р. Дон / С. А. Журавин, М. Л. Марков, Е. В. Гуревич // Водные ресурсы. – 2020. – Т. 47. – № 6. – С. 729–741.
8. Куделин, Б. И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. – М. : Из-во МГУ, 1960. – 344 с.
9. Ланге, О. К. Геоморфология и грунтовые воды // Труды Лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф. П. Саваренского АН СССР. – 1949. – Т. 2. – С. 72–80.
10. Ланге, О. К. Гидрогеология. – М. : Высшая школа, 1969. – 365 с.

11. Русаленко, А. И. Глубина залегания и амплитуда колебания уровня грунтовых вод в лесных фитоценозах / А. И. Русаленко, Д. И. Филон // Труды БГТУ. Серия I, Лесное хозяйство. – Минск : БГТУ, 2008. – Вып. XVI. – С. 243–247.
12. Серикова, Е. Н. Математическое моделирование изменения уровней грунтовых вод в городах с учетом ведущих режимообразующих факторов / Е. Н. Серикова, Е. А. Стрельникова, В. В. Яковлев // Вестник ХНТУ. – 2014. – № 4(51). – С. 186–194.
13. Чендев, Ю. Г. Реакция почв и других компонентов природной среды на климатические изменения разной периодичности на юге Среднерусской возвышенности / Ю. Г. Чендев, А. А. Тишков, В. И. Савин, М. Г. Лебедева, А. Б. Соловьев // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2020. – № 84(3). – С. 427–440. DOI: 31857/S258755662003005X.
14. Шестаков, В. М. Геогидрология / В. М. Шестаков, С. П. Поздняков. – М. : Академкнига, 2003. – 173 с.
15. Brunner, P. Hydrogeologic controls on disconnection between surface water and groundwater / P. Brunner, C. T. Simmons, P. G. Cook // Water Resour. – 2009. – Vol. 45. – W01422. DOI: 10.1029/2008WR006953.

УДК 504.3.064-034

УРОВНИ И ТРЕНДЫ СОДЕРЖАНИЯ ФОРМАЛЬДЕГИДА И ДИОКСИДА АЗОТА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ В БЕЛАРУСИ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Ю. Г. Кокош, О. Ю. Круковская

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
y-kokosh@mail.ru

Аннотация

В статье представлены результаты анализа многолетних рядов (2006–2016 гг.) среднемесячного содержания в атмосферном воздухе в Беларуси формальдегида и диоксида азота по данным измерений спектрометра OMI, размещённого на спутнике Aura. Изучены пространственное распределение, межгодовые и внутригодовые тренды. Представлены результаты совместного анализа данных дистанционного зондирования и наземных наблюдений на постах сети мониторинга в городах, выполнен корреляционный и регрессионный анализ.

Ключевые слова: диоксид азота, формальдегид, загрязнение воздуха, дистанционное зондирование, содержание загрязняющих веществ.

FORMALDEHYDE AND NITROGEN DIOXIDE LEVELS AND TRENDS IN ATMOSPHERIC AIR IN BELARUS ACCORDING TO REMOTE SENSING DATA

Y. G. Kokosh, O. Y. Krukowskaya

Abstract

The article presents the results of the analysis of long-term series (2006–2016) of the average monthly content of formaldehyde and nitrogen dioxide in the atmospheric