Тихонова А.В., Борисова Е.В.

Исследование явления подпора грунтовых вод, вызываемого изменениями горизонта воды

*Тверской государственный технический университет
(Россия, Тверь)*

doi: 10.18411/lj-02-2020-68

idsp: ljjournal-02-2020-68

Аннотация

Статья посвящена исследованию влияния среднегодовых температур количества осадков на подпор грунтовых вод. Проведён анализ литературных источников с целью определения параметров, оказывающих влияния на изучаемый процесс. Рассмотрены условия питания и стока подземных вод в районах Тверской области в естественной обстановке, проведен модельный расчет времени установления наибольшей величины подпора.

Ключевые слова: подпор грунтовых вод, почвы, температура, динамика подземных вод.

Abstract

The article is devoted to the study of the influence of average annual rainfall temperatures on groundwater abstraction. The analysis of literary sources in order to determine the parameters that affect the process under study. The conditions of feeding and groundwater runoff in the regions of the Tver region in the natural environment are considered, a model calculation of the time of establishing the largest backwater value is carried out.

Keywords: groundwater abatement, soil, temperature, groundwater dynamics.

Более 20 лет назад межгосударственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) было высказано мнение о том, что с конца XIX в. средняя температура приземного слоя планеты возросла на $0,6 \pm 0,2$ °C [1, с.10]. Математические модели, на которые ссылается МГЭИК, показывают, что повышение температуры приведёт к увеличению уровня Мирового океана и изменению количества атмосферных осадков [2, с.103]. Ученые университета Тохоку провели имитацию на суперкомпьютере, чтобы составить прогноз выпадения снега на ближайшие годы. Их расчеты подтвердились текущей зимой Япония, так же как и значительная часть центральной России, осталась в эту зиму практически без снега. Количество снега зимой и жаркая погода без дождей летом, влияет на уровни грунтовых вод.

На поисковом этапе проведен анализ литературы и изучены необходимые разделы курсов гидрогеологии, гидравлики, математики. Основополагающими в исследовании являются эмпирические и теоретические методы, содержащие приемы моделирования, интерпретации, обобщения. Для подтверждения теоретических положений применялся вычислительный эксперимент, результаты которого представлены в виде диаграммы и не противоречат литературным источникам. Изучением процессов развития подпора грунтовых вод из-за подъема (снижения) уровня воды в реке, вызванного строительством гидротехнических сооружений занимались, в частности, российские ученые, В.М. Шестаков [3], С.К. Абрамов [4].

В основе исследований лежит изучение математической модели. Геометрию процесса подпора вод представим на рисунке 1 [5, с.16].

Рис. 1.

Кривая 1 – поверхность грунтовых вод вблизи реки в момент времени $t = 0$. Кривая 2 – стационарное положение подпертого уровня грунтовых вод при $t \rightarrow \infty$. Кривая 3 – поверхность грунтовых вод в естественных условиях (до подъема уровня воды в реке).

На рис.1 обозначено $\varphi(x, t) = h(x, t) - h_e(x)$ – величина подпора на расстоянии x от реки в момент времени t , м; здесь $h(x, t) = h_e(x) + \Delta\varphi(x, t)$; H_0 – величина подъема уровня воды в реке, м; t – время, сут; q_e – естественный поток подземных вод к реке, м. Поставим краевую задачу:

$$d\varphi/dt = a^2 d^2\varphi/dx^2, (0 \leq x \leq \infty) \quad (1)$$

где $a^2 = kh_{cp}/\mu = \text{Const}$ – коэффициент уровнепроводности, $M^2/\text{сут}$;

при условиях $\varphi(x, 0) = 0$; $\varphi(0, t) = H_0$; $\varphi(\infty, t) = 0$.

Предполагается, что уровень воды в реке мгновенно увеличивается на величину H_0 . В случае полуконечной области фильтрации можно получить точное автомодельное решение задачи.

Окончательно решение задачи о подпоре грунтовых вод имеет вид:

$$U(x, t) = H_0 \left(1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{2a\sqrt{t}}} e^{-k^2} dk\right) = H_0 \operatorname{erfc} Z \quad (2)$$

Используем известное решение для изучения подпора грунтовых вод на отдельных территориях Тверской области. Климат области формируется под влиянием солнечной радиации и циркуляции атмосферы, выраженной в преобладании западного переноса воздушных масс. Значительную роль в его формировании играет рельеф, растительность, наличие водоемов, болот. Вытянутость области с юго-запада на северо-восток обуславливает изменение среднегодовых температур в пределах от $4,0^\circ$ на западе до $2,6^\circ$ на северо-востоке [6, с. 6]. Умеренно-континентальный климат, характеризуется переходными чертами от континентального восточных районов Европейской территории страны к более влажному климату северо-западных районов [7, с. 6]. На рисунке 2 изображена карта Тверской области, желтым контуром выделены Торопецкий район и Кашинский район. Мониторинг среднегодового количества осадков и температур показал, что они в г. Кашине ниже, чем в Торопце, что объясняется более равнинным рельефом.

Рис. 3.

Отмечается постепенное уменьшение Z (м), в зависимости от величины t (сут). Анализ полученных результатов показывает, что на участках берега водохранилища величина подпора грунтовых вод достигает своих максимальных размеров не менее чем за 20 лет. Полученные результаты совпадают с расчетами гидрогеолога Скабаллановича И. А.. Потепление климата приводит к интенсивному испарению воды. В результате большое количество тепла и влаги поступает в атмосферу, что приводит к существенным изменениям циркуляции в газовой оболочке Земли. Так как подземные воды формируются из атмосферных осадков, то изменение климата непосредственно отразится на уровне воды. Важно знать наиболее существенные изменения, чтобы избежать катастрофических последствий для окружающей среды и жизнедеятельности людей.

1. Андреев С.С. Климатический ресурс и комфортность территории Южного федерального округа России: автореф. на соиск. ученой степ. д-ра геогр. наук: 25.00.36. СПб, 2010. 37 с.
2. Андреев С.С. К вопросу о глобальном потеплении // Естественные науки. 2007. № 2 С. 101-103.
3. Шестаков В.М. Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа. М., 1979. – 237 с.
4. Абрамов С.К., Биндеман Н.Н., Бочеввер Ф.М., Веригин Н.Н. Влияние водохранилищ на гидрогеологические условия прилегающих территорий. М., 1960. – 319 с.
5. Борисова Е.В. Некоторые разделы математики в задачах экологии. Метод. указ. для студентов экологических специальностей. Тверь. ТвГТУ, 1995. 20 с.
6. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области в 2015 году. – Тверь, 2016 г. – 149 с.
7. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области в 2017 году. – Тверь, 2018 г. – 156 с.
8. Studwood.ru. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studwood.ru/2116617/agropromyshlennost/harakteristika_fizicheskikh_vodno_fizicheskikh_svoystv_dernovo_podzolistyh_suglinistykh_pochv. 24 дек.2019
9. Скабалланович И.А., Седенко М.В. Гидрогеология инженерная геология и осушение месторождений. . — М.: Недра, 1980. —205 с.