

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЗДОРОВЛЕНИЯ РОССИЙСКИХ РЕК И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ



СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

НИЖНИЙ НОВГОРОД
8-14 СЕНТЯБРЯ 2019 ГОДА

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН «ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ СУШИ»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

МИНИСТЕРСТВО ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЗДОРОВЛЕНИЯ РОССИЙСКИХ РЕК И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Всероссийская научная конференция
с международным участием

г. Нижний Новгород, 08-14 сентября 2019 г.

Сборник научных трудов

Москва, 2019

УДК 556.18
ББК 26.222я5
Н 34

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЗДОРОВЛЕНИЯ РОССИЙСКИХ РЕК И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ.

– Сборник научных трудов.– Москва: Студия Ф1, 2019. – 572 с.

ISBN 978-5-6043268-8-6

В настоящий сборник вошли доклады, представленные на Всероссийскую научную конференцию с международным участием «Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения» (г. Нижний Новгород, 08-14 сентября 2019 г.), организованную Научным советом РАН «Водные ресурсы суши», Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институт водных проблем Российской академии наук (ИВП РАН), Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН) при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Российской академии наук, Федерального агентства водных ресурсов, Министерства экологии и природных ресурсов Нижегородской области.

Редакционная группа:

к.г.н. О.П. Авандеева, д.б.н. Е.Н. Бакаева, Р.И. Бедная, д.г.н. А.П. Демин,
к.ф.-м.н. Ю.Е. Казаков, к.г.н. Калугин, к.г.н. Н.В. Кирпичникова,
к.г.н. М.А. Козлова, к.г.н. И.Н. Крыленко, к.г.н. М.В. Михайлова,
д.г.н. Н.М. Новикова, к.г.н. Е.П. Рец, к.т.н. М.И. Степанова, к.г.н. Т.Б. Фащевская

ISBN 978-5-6043268-8-6

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Российской академии наук, 2019

© Авторы докладов, 2019

Гладских Д.С., Сергеев Д.А., Байдаков Г.А., Соустова И.А., Троицкая Ю.И., Иванов А.В., Мортиков Е.В., Степаненко В.М. Моделирование термогидродинамики внутренних водоемов с использованием данных натуральных измерений	106
Глотко А.В., Гайдукевич С.В., Норин С.В., Каргаполова И.Н. Анализ тенденций деформаций ложа водохранилища в зонах технических коридоров подводных переходов магистральных газопроводов с использованием численного моделирования	108
Дебольский В.К., Грицук И.И., Ионов Д.Н., Масликова О.Я. Современные проблемы состояния рек криолитозоны	114
Демидов В.Н. Ассимиляция данных измерений расходов воды ансамблевым фильтром Калмана на примере реки Дон	119
Добровольский С.Г., Лебедева И.П., Истомина М.Н., Соломонова И.В. Параметры водохранилищ и изменений стока регулируемых ими рек: анализ объединенной глобальной базы данных	124
Жуликов Г.А., Алексюк А.И., Беликов В.В. Численное моделирование речных течений в приближении многослойной мелкой воды	131
Зайцева А.В., Харламов М.А. Оценка стока неизученных рек восточной части Южного берега Республики Крым	135
Зеленцов В.А., Потрясаев С.А., Пиманов И.Ю., Пономаренко М.Р. Опыт разработки и тестирования информационных технологий автоматизации комплексного моделирования речных наводнений	140
Зырянов В.Н., Егорова В.М. Вихри в стратифицированной вращающейся жидкости со сложным рельефом дна	144
Зырянов В.Н., Чебанова М.К. Нелинейная задача Стефана о росте льда в пресноводном водоеме	150
Калугин А.С. Единая гидрологическая модель Волжского бассейна	155
Киреева М.Б., Рец Е.П., Самсонов Т.Е., Фролова Н.Л. Изучение современного водного режима рек Европейской территории России с помощью автоматизированного алгоритма расчленения гидрографа GrWat	160
Китаев Л.М., Аблеева В.А., Коробов Е.Д., Желтухин А.С. Многолетние тенденции и межгодовые колебания характеристик снежного покрова, климата и температуры почвы Восточно-Европейской равнины	166
Кораблёва О.В., Чернов А.В. Современная динамика пойменно-русловых комплексов средней реки Керженец (по мониторинговым наблюдениям 2001-2018 гг.)	172
Крыленко И.Н., Сурков В.В., Беликов В.В., Корнилова Е.Д., Сазонов А.А. Оценка продолжительности затопления пойм на основе методов гидродинамического моделирования и ландшафтной индикации	177
Кузнецова А.М., Байдаков Г.А., Кандауров А.А., Вдовин М.И., Сергеев Д.А., Троицкая Ю.И. Натурные измерения и численное моделирование ветро-волнового взаимодействия на внутренних водоемах средних размеров	181
Лапина Л.Э. Параметризация коэффициента эффективной теплопроводности почвы при периодических колебаниях температуры воздуха	187
Махинов А.Н. Негативные тенденции в развитии русловых процессов рек бассейна Амура и их последствия	189
Миллионщикова Т.Д. Моделирование наблюдаемых изменений речного стока в бассейне р. Селенги и их сценариев в XXI веке	195
Миннегалиев А.О. Пространственно-временная изменчивость параметров снеготаяния в пределах бассейна р. Белой	201
Миньковская Р.Я., Иванов В.А. Проблемы природопользования в устьях рек Севастопольского региона и пути их решения	204

gravity waves // J. Fluid Mech., vol.102, pp. 1-59. 1981.

8. Wu, J. Wind-stress coefficients over sea surface from breeze to hurricane // J. Geophys. Res., vol. 87, pp. 9704 – 9706. 1982.

9. Кузнецова А.М., Досаев А.С., Байдаков Г.А., Сергеев Д.А., Троицкая Ю.И. Адаптация параметризации нелинейности для случая коротких разгонов в модели прогноза волнения// Известия РАН, ФАО, 2019 (направлена в печать).

10. Skamarock, W.C., et al., 2008: A Description of the Advanced Research WRF V. 3. NCAR Tech. Note NCAR/TN-475+STR, 113 pp.

11. Kuznetsova A.M. et al. Field and numerical study of the wind-wave regime on the Gorky Reservoir. // Geography, Environment, Sustainability. 2016. Vol. 9, № 2, 2016. Pp. 19-37.

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЯХ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

Лапина Л.Э.

Институт водных проблем РАН, г. Москва,
l.e.lapina@yandex.ru

Колебания температуры приземного слоя атмосферы приводят к возникновению явления откачки тепла, т.е. к дополнительному охлаждению толщи мерзлых грунтов. Это явление связано с так называемым пампинг-эффектом в нелинейной теории теплопроводности. В работе [1] показано, что для г. Якутск, например, пампинг-эффект может давать дополнительно понижение температуры грунта на глубинах в несколько метров до минус 2 градусов. Теория пампинг-эффекта приведена в работе [2]. Ключевым моментом теории пампинг-эффекта является необходимость представления коэффициента температуропроводности среды как функции от ее температуры. Чтобы получить такое представление и развить теорию пампинг-эффекта для мерзлых грунтов, необходимо, прежде всего, найти адекватную параметризацию коэффициента температуропроводности почвы по вертикали и затем связать ее с температурой. Желательно, чтобы найденная параметризация коэффициента температуропроводности среды была единой для всего рассматриваемого диапазона изменения температуры приземного воздуха.

По результатам анализа данных суточных колебаний температуры почвы на одном из участков Большеземельской тундры показано, что замерзание и оттаивание грунта при переходе температуры воздуха через ноль приводит к хорошо выраженному разделению режимов передачи тепла в грунте для положительных и отрицательных температур воздуха [3]. Отсюда следует, что, по-видимому, получить единую параметризацию коэффициента температуропроводности при колебаниях температуры воздуха около нуля будет довольно проблематично. В данной работе предлагаются параметризации коэффициента температуропроводности почвы отдельно для зимнего и летнего периодов.

Одним из способов расчета коэффициента эффективной температуропроводности почвы является его вычисление по суточным колебаниям ее температуры почвы [4]. Однако в изменчивости ее температуры могут присутствовать не только одиночные суточные гармоники, а могут быть и другие со сдвигом фазы. В работе [5] предложен способ расчета коэффициента эффективной температуропроводности почвы при наличии в колебаниях двух гармоник. Заметим, что методы расчета коэффициента температуропроводности, базирующиеся на линейной теории теплопроводности [6,7], в данном случае не

применимы, т.к. не позволяют получить необходимую для применения нелинейной теории пампинг-эффекта зависимость коэффициента температуропроводности почвы от ее температуры.

Постановка задачи и результаты. Рассмотрим одномерное по вертикали уравнение теплопроводности на полуоси OZ с началом $z = 0$ на поверхности почвы :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_T \frac{\partial T}{\partial z} \right), \quad \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_T \frac{\partial T}{\partial z} \right), \quad (1)$$

где T - температура почвы ($^{\circ}\text{C}$), t - время (час), z - глубина (см), K_T - коэффициент эффективной температуропроводности ($\text{см}^2/\text{час}$).

На бесконечности примем условие отсутствия потока тепла

$$\frac{\partial T}{\partial z} \rightarrow 0, z \rightarrow \infty. \quad (2)$$

Проинтегрируем левую и правую часть уравнения (1) от бесконечности до z с учетом граничного условия (2). В результате для коэффициента температуропроводности получим формулу [5]:

$$K_T(t, z) = \frac{\int_{\infty}^z \frac{\partial T}{\partial t} ds}{\left. \frac{\partial T}{\partial z} \right|_{z,t}} \quad (3)$$

Разделим годовой ход температуры на два периода – зимний и летний, амплитуда колебаний в которых существенно отличается. Примем аппроксимации температуры почвы на основании результатов обработки данных наблюдений [3] в виде:

для зимнего периода:

$$\begin{aligned} T_1(z) &= T_0^1 + A_1(z) \sin(\omega t + \varphi_1) \\ T_0^1 &= C_1 \exp(-\gamma_1 z) + d_1 \\ \varphi_1 &= a_1 + b_1 z \\ A_1(z) &= A_1(0) \exp(-\beta_1 z) \end{aligned} \quad (4)$$

для летнего периода:

$$\begin{aligned} T_2(z) &= T_0^2 + A_2(z) \sin(\omega t + \varphi_2) \\ T_0^2 &= C_2 \exp(-\gamma_2 z) + d_2 \\ \varphi_2 &= a_2 + b_2 z \\ A_2(z) &= A_2(0) \exp(-\beta_2 z) \end{aligned} \quad (5)$$

Подставляя (4), (5) в формулу (2), можно вычислить коэффициент температуропроводности почвы при наличии одной гармонике колебания температуры воздуха. В работе [5] приведены параметризации температуры почвы для зимнего и летнего периодов с учетом двух сдвинутых на четверть периода суточных колебаний температуры воздуха. Для этих параметризаций получим формулы для расчета коэффициента K_T для зимнего и летнего периода:

для зимнего периода:

$$\begin{aligned} K_T &= \frac{K_0}{-\gamma_1 C_1 \exp(-\gamma_1 z) + B_0} \\ K_0 &= \omega A_1(0) \exp(-\beta_1 z) \left(\frac{b_1}{\beta_1^2 + b_1^2} \sin(a_1 + b_1 z + \omega t) - \frac{\beta_1}{\beta_1^2 + b_1^2} \cos(a_1 + b_1 z + \omega t) \right) \\ B_0 &= -\beta_1 A_1(0) \exp(-\beta_1 z) \sin(a_1 + b_1 z + \omega t) + b_1 A_1(0) \exp(-\beta_1 z) \cos(a_1 + b_1 z + \omega t) \end{aligned} \quad (6)$$

для летнего периода:

$$K_T = \frac{K_0}{-\gamma_2 C_2 \exp(-\gamma_2 z) + B_0}$$

$$K_0 = \omega A_2(0) \exp(-\beta_2 z) \left(\frac{b_2}{\beta_2^2 + b_2^2} \sin(a_2 + b_2 z + \omega t) - \frac{\beta_2}{\beta_2^2 + b_2^2} \cos(a_2 + b_2 z + \omega t) \right) \quad (7)$$

$$B_0 = -\beta_2 A_2(0) \exp(-\beta_2 z) \sin(a_2 + b_2 z + \omega t) + b_2 A_2(0) \exp(-\beta_2 z) \cos(a_2 + b_2 z + \omega t)$$

Несмотря на громоздкость формул (6), (7), они могут быть полезны, прежде всего, при численном моделировании процесса теплопроводности в грунтах. Но основное достоинство аналитических выражений (6), (7) заключается в том, что сейчас можно связать коэффициент температуропроводности почвы для зимнего и летнего периодов с температурой почвы на отдельных горизонтах. Как уже отмечалось ранее, это крайне важно для развития теории пампинг-эффекта в процессе нелинейной теплопроводности грунтов, особенно, мерзлых.

Литература

1. Зырянов В.Н. Нелинейный пампинг-эффект в колебательных процессах в геофизике // Водные ресурсы, 2013, Т.40, № 3, С.227-239
2. Зырянов В.Н., Хубларян М.Г. Пампинг-эффект в теории нелинейных процессов типа уравнения теплопроводности и его приложение в геофизике // Доклады академии наук, 2006, Т.408, № 4, С.535-538
3. Лапина Л.Э., Успенский И.М., Каверин Д.А., Пастухов А.В. Динамика температурных волн в почвах типичной тундры Европейского северо-востока России // Водные ресурсы: новые вызовы и пути решения (Материалы конференции), 2017. С.222-226
4. Дюкарев Е.А. Амплитуда суточного хода температуры торфяной почвы // Вестник Томского государственного университета. Биология. № 365, 2012, С.201-205
5. Лапина Л.Э. Метод вычисления коэффициента эффективной температуропроводности по данным измерениям температуры почвы // Известия Коми научного центра УрО РАН, №2(30), 2017, С.12-15
6. Микайылов Ф.Д., Шеин И.В. Теоретические основы экспериментальных методов определения температуропроводности почв // Почвоведение, 2010, № 5, С.597-605.
7. Попович Л.В. Определение термических характеристик и теплообмена почв Изд-во МГУ, 1987, 56 с.

НЕГАТИВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ РЕК БАССЕЙНА АМУРА И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ

Махинов А.Н.

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск
amakhinov@mail.ru

Рассматриваются условия формирования разветвленных русел и особенности русловых процессов на реках бассейна р. Амур. На основе анализа разновременного картографического материала и космических снимков, а также результатов экспедиционных исследований, выявлены участки рек, имеющих негативную направленность русловых процессов. Показано усиление активности современных процессов преобразования русел рек в районах крупных городов и на устьевых участках притоков. Приводятся сведения об интенсивности этих процессов и возможных негативных последствиях для хозяйственной деятельности. Представлены данные об особенностях разрушительного воздействия размыва берегов. Обосновывается необходимость ведения мониторинга русловых процессов.