

Транзитно-аккумуляционные особенности неизученных озёр Якутии

М. И. Нестерева

Институт мерзлотоведения СО РАН, г. Якутск

Озера, расположенные на многолетнемерзлом субстрате, имеют специфические черты развития режима и водообмена. Однако для подавляющего числа озёр Якутии такие исследования практически не проводились. В связи с этим для определения притока и стока воды в озёрах рассмотрены многолетние водные балансы и рассчитаны приёмы определения их составляющих при отсутствии соответствующих наблюдений. Для этих целей использованы расчёты зависимости $V_0=f(A_0)$ для основных выделенных генетических типов озёрных котловин. Теоретическим путём выявлены транзитно-аккумуляционные особенности неизученных озёр Якутии.

Ключевые слова: озеро, водообмен, водный баланс, транзит, аккумуляция, объем воды, гидрология,

Formula that determines the amount of water for unexplored lakes in Yakutia were obtained on the basis of morphometric and bathymetric data. Using the water balance approach transit-accumulative features of the lakes were identified. It is expected that the work will allow to determine the extent of transit possibilities of unexplored lakes in the studied area for the indirect environmental monitoring of water resources. Most of the examined lakes have no inflow and outflow. Such lakes were attributed to accumulative type. Thermokarst lakes, located in the central part of Yakutia, serve as an example of such lakes. Water balance and water exchange of drainage lakes with identified morphometric parameters were indirectly calculated.

Key words: lake, external water cycle, water balance, transit, accumulation, water amount, hydrology.

Введение

Якутия является территорией повышенной озёрности (более 30% озёр РФ находится на рассматриваемой территории). Целью данной работы является оценка транзитно-аккумуляционных особенностей озёр Якутии при отсутствии данных непосредственных наблюдений. В настоящее время на рассматриваемой территории из 723 тыс. имеющихся озёр изученными являются лишь 500 [1]. Они различаются по происхождению и расположены в различных природных условиях.

Известно, что режим озёр заметно отличается от режима других водных объектов, в первую очередь, рек. Основной причиной таких различий является увеличение времени пребывания воды в озёрных котловинах по сравнению с реками. Озера в этом отношении можно рассматривать как природные аккумуляторы, задерживающие поступающие с водосборов различные вещества как естественные, так и антропогенные. При этом могут происходить заиливание и зарастание озёр водной растительностью, изме-

нение трофического статуса водоема, активизация внутриводоемных процессов.

Методы расчёта и анализа водообмена в озёрах в основном разработаны для районов вне криолитозоны [2,3]. Для озёр Якутии такие исследования практически не проводились. Знание интенсивности водообмена [4,5], его изменчивости во времени позволяет решить целый ряд важных гидрологических, водохозяйственных и других задач с учетом того, что озера могут использоваться в хозяйственных целях для водоснабжения и водоотведения, рыбного хозяйства, рекреации, добычи сапропеля, а наиболее крупные озера – для судоходства.

Методика исследования

Пользуясь формулами (табл.1), полученными нами с помощью графиков зависимостей объёмов (V) от площадей (A) изученных озёр, приближённо был рассчитан объём воды (V) для неизученных озёр с известными площадями (A).

Существуют ещё несколько методов определения объёма воды для неизученных озёр [7], но при этом отмечается высокое среднеквадратическое отклонение, поскольку происхождение озёрных водоёмов различное. Площади водного

НЕСТЕРЕВА Мария Ионовна – инженер-исследователь, perlla84@mail.ru.

Т а б л и ц а 1
Формулы для определения объёма воды в озере [6]

Тип котловины	Объем воды (V)
Термокарстовый	$0,0022A^{1,15}$
Водно-эрозионный	$0,0012A^{1,004}$
Эрозионно-термокарстовый	$0,0035A^{1,26}$
Ледниковый	$0,02A^{2,42}$

зеркала озёр определялись нами на основе известных программ 3Planet, MapInfo, ArsGis, а для определения площадей водосборов дополнительно использовалась программа Google Earth. Затем по карте стока [8] вычислялся объём воды в озёрах по притоку. Подземное питание в водном балансе большинства озёр играет малозначительную роль [8], но надмерзлотные воды криолитозоны можно рассматривать как фактор, определяющий физическую сущность процессов промерзания и протаивания горных пород [9]. Далее, пользуясь картами осадков [10] и испарения [11], определялся объём воды в озёрах по стоку. В общем виде уравнение водного баланса озёр для многолетнего периода имеет следующий вид:

$$V_{np} + V_{oc} - V_{cm} - V_{ucn} = \pm V_{np}, \quad (1)$$

где V_{np} – приток поверхностных вод в озеро; V_{oc} – объём атмосферных осадков, выпавших на водную поверхность озера; V_{cm} – поверхностный сток воды из озера по реке; V_{ucn} – объём воды на испарение с поверхности водоема; $\pm V_{np}$ – накопление или расходование воды в озёрной котловине.

При изучении озёр применяется метод оценки времени пребывания воды в котловинах, т.е. определяется оценка интенсивности водообмена [12]. В практике гидрологических расчётов рассматриваются два вида внешнего водообмена: «по притоку» K'_s и «по стоку» K''_s . Эти коэффициенты могут быть определены из уравнения водного баланса, представленного основными составляющими, и рассчитываются как частное от деления суммы приходных или расходных составляющих водного баланса на объём воды в озере (V_o).

$$K'_s = V_{np} / V_o, \quad (2)$$

$$K''_s = V_{cm} / V_o, \quad (3)$$

где V_{np} и V_{cm} – соответственно приток и сток воды; V_o – объём воды в озере.

Однако чаще всего, при оценке внутриводоемных процессов, рассчитываются коэффициен-

ты водообмена лишь по стоку. Наличие такого большого разброса значений (K''_s) позволили Б.Б. Богословскому [13] классифицировать озера по интенсивности внешнего водообмена (табл.2).

Т а б л и ц а 2
Классификация водоемов суши по внешнему водообмену

Класс	Водные объекты	Водообмен	
		K''_s	Период времени
Транзитный	Участки рек, малые водохранилища	От 100 до более 300	Часы, сут.
Транзитно-аккумуляционный	Сильнопроточные и проточные озера и водохранилища	10–100	Недели, месяцы
Аккумуляционно-транзитный	Средне- и слабопроточные озера и водохранилища	1–10	Месяцы, сезоны, год
Аккумуляционный	Озера и водохранилища с замедленным водообменом	От 0,1 до менее 1	Годы, десятилетия
	Сточные и бессточные озера с малым и исключительно малым водообменом	От 0,1 до менее 0,03	Десятки, сотни лет

Результаты и обсуждения

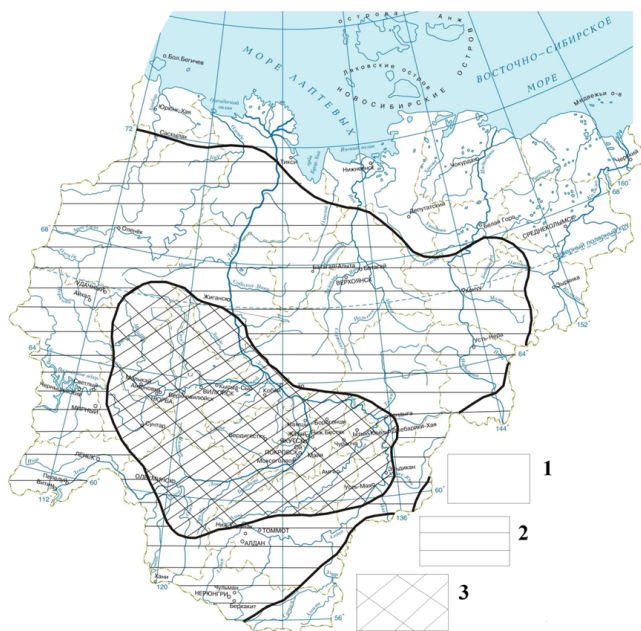
Следуя изложенной выше методике, были определены составляющие водного баланса и внешнего водообмена для 1125 озёр Якутии, имеющих различное происхождение и расположение. В результате 844 непроточных озера были отнесены к аккумуляционному типу, а остальные 281 проточное – к аккумуляционно-транзитному.

Высокие значения коэффициентов K'_s свидетельствуют о связи озера с его водосбором и характеризуют преобладание транзитных вод, а гидрологический режим озера определяется размерами водосборов, площади которых могут во много раз превосходить площади самих водоемов. В этом случае процессы, происходящие в котловинах озёр, относятся к аллохтонным, т.е. внешним (терригенным) процессам. Низкие значения (K''_s) показывают на преобладание аккумуляции воды и веществ, поступающих в озеро. В режиме озёр главное значение имеют внутриводоемные процессы (лимнические, автохтонные). Между транзитными и аккумуляционными озёрами можно выделить промежуточные транзитно-аккумуляционные и аккумуляционно-транзитные озера.

Предварительные расчеты показали, что на территории Якутии могут быть выделены озера всех перечисленных в таблице классов. Авто-

ром была составлена картосхема распространения озёр Якутии на основе проведенной оценки внешнего водообмена 1125 озёр (рисунок). В результате выявлено, что большинство озёр республики относится к аккумуляционному типу. Проточные озера, расположенные на Колымской и Приморской низменностях, в среднем обновляют воду более 3 раз в год и относятся к аккумуляционно-транзитному типу. С учётом избытка водных ресурсов на этих территориях транзитность озёр могла быть больше, если бы не продолжительная зима и короткое лето.

В Центральной Якутии преобладают озера аккумуляционного типа, где водообмен происходит 1 раз в два года и более. В Восточной, Северо-Восточной и Южной Якутии встречаются озера ледникового и тектонического происхождения. Для таких водоёмов возможность транзита озёрных вод возрастает.



Картосхема распределения озёр Якутии по внешнему водообмену: 1 – аккумуляционно-транзитные, сточные ($K_v > 3$); 2 – аккумуляционно-транзитные, периодически сточные ($1 < K_v < 3$); 3 – аккумуляционные, непроточные ($K_v < 1$)

Выводы

Таким образом, выявлено, что в Центральной Якутии сконцентрированы озера преимущественно аккумуляционного типа, а аккумуляционно-транзитные расположены на Приморской и Колымской низменностях и, частично, в восточных, юго-восточных и южных районах Якутии. Транзитный и транзитно-аккумуляционный типы озёр встречаются крайне редко. Это могут

быть водохранилища или проточные озера старичного типа.

Вода в непроточных озёрах слабо обновляется, что может привести их к быстрому заилению и загрязнению. Поэтому расположение населённых пунктов и крупных промышленных объектов на берегах озёр аккумуляционного типа крайне нежелательно, поскольку это может вызвать их загрязнение.

Дальнейшее изучение озёр Якутии имеет многоцелевое значение, в том числе для комплексной типизации континентальных водоёмов по ведущим признакам, определяющим гидрологический и биологический режим озёр и водохранилищ, а также их лимнический тип.

Литература

1. Аржакова С.К., Жирков И.И., Кусатов К.И., Андросов И.М. Реки и озёра Якутии. – Якутск: Бичик, 2007. – 133 с.
2. Исмаилов Г.Х., Перминов А.В. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли, водный кадастр и мониторинг водных объектов. – М.: МГУП, 2013. – 324 с.
3. Карнацевич И.В., Акимов В.С. Гидрологические расчёты неизученных рек Сибири по данным метеонаблюдений. – Омск: Изд-во СибГУФК, 2014. – 103 с.
4. Догановский А.М. Исследование возможности обобщения данных по водному балансу внутренних водоёмов // Сборник работ по гидрологии. – СПб.: РГГМУ, 1982. – №17. – С. 172–179.
5. Сорокин И.Н. Внешний водообмен озёр СССР. – Л.: Наука, 1988. – 144 с.
6. Нестерева М.И. Пространственные особенности разнотипных озерных котловин на территории Якутии // Общество. Среда. Развитие. – СПб.: Астерион, 2011. – №4. – С. 227–230.
7. Сало Ю.А., Потахин М.С., Толстиков А.В. Расчет средней глубины озёр при отсутствии батиметрических данных на примере водоёмов Карелии // География: Проблемы науки и образования. LXIII Герценовские чтения. – СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2010. – С. 410–413.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 17. Лено-Индигирский район. – Л.: Гидрометеоздат, 1972. – Т.17. – 651 с.
9. Шенелёв В.В. Надмерзлотные воды криолитозоны. – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2011. – 167 с.
10. Атлас сельского хозяйства Якутской АССР. – М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1989. – 115 с.
11. Постников А.Н. Приближённый метод

оценки испарения с озёр и водохранилищ // Учёные записки. – СПб.: РГГМУ, 2014. – С. 22–29.

12. Эдельштейн К.К. Гидрология озёр и водохранилищ. – М.: Перо, 2014. – 400 с.

13. Богословский Б.Б. О водообмене и водных массах водных объектов // Круговороты вещества и энергии в озёрных водоемах. – Новосибирск: Наука, 1975. – С. 270–275.

Поступила в редакцию 14.07.2015

УДК 622.4:551.4

Возможности решения некоторых инженерных задач горного дела в криолитозоне с помощью граничного метода

Ф.М. Федоров*, А.И. Матвеев**

*Северо-Восточный федеральный университет, г. Якутск

**Институт горного дела Севера СО РАН, г. Якутск

На примере трех типичных задач математической физики и их вариаций, часто возникающих при освоении месторождений в зоне Арктики, показана возможность успешного применения граничного метода решения прикладных задач математической физики. Первый тип задач посвящен прикладному решению нелинейной тепловой задачи с целью определения теплофизических характеристик мерзлых, талых и протаивающих-промерзающих горных пород. Второй тип относится к задаче абляции-плавления твердых материалов применительно к мерзлым труднопромываемым глинистым горным породам для их наиболее полного диспергирования с целью эффективного извлечения тонких классов полезного компонента. Третий тип задач относится к задаче течения ламинарного пограничного слоя вдоль поверхности магнитной поверхности с целью извлечения тонких классов немагнитных компонентов полезных ископаемых: золото, платина, олово и т.д. Предложены простые решения всех этих задач.

Ключевые слова: труднопромываемые мерзлые и талые породы, незамерзшая вода, задача абляции-плавления, магнитный шлюз.

On the example of three typical tasks of mathematical physics and their variations that often arise during the development of oil fields in the Arctic area, the possibility of successful application of frontier methods of solving applied problems of mathematical physics. The first type of tasks is dedicated to application of solutions of the nonlinear thermal problem to determine the thermal characteristics of frozen, thawed and thawing - freezing rocks. The second type of the tasks is related with the problems of ablation - the melting of solids applied to frozen hard disintegrating clay rocks for their most complete dispersion in order to effectively recover fine fractions of the useful component. The third type of problems refers to the tasks of the laminar boundary layer flow along the magnetic surface for extraction of thin non-magnetic component classes of minerals: gold, platinum, tin, and others. Simple solutions of all these problems are proposed.

Key words: hard disintegrating frozen and thawed rocks, unfrozen water, task of ablation, melting, magnetic lock.

Введение

В монографии [1] автором предложен новый аналитический метод решения дифференциальных уравнений в частных производных с крайними условиями, названный граничным мето-

дом. Название метода обусловлено прежде всего тем, что искомое решение удовлетворяет (естественно, в предельном смысле) исходному дифференциальному уравнению в граничных точках. При этом решение ищется в виде степенного ряда по пространственной координате для нестационарных задач.

Естественно такой подход требует, на первый взгляд, существенно ограничивающее для применения условие аналитичности, хотя бы по

* ФЕДОРОВ Фома Михайлович – д.ф.-м.н., г.н.с., foma-46@mail.ru; ** МАТВЕЕВ Андрей Иннокентьевич – д.т.н., зав. лаб., andrei.mati@yandex.ru.