

В ПОРЯДКЕ ДИСКУССИИ

УДК 551.583.7:[001.26+ 930.24]

doi 10.33933/2074-2762-2020-59-150-158

Метод совместного представления датировок ископаемых объектов

Д.И. Якушев

Санкт-Петербургский университет МВД России, Санкт-Петербург, d.i.ya@yandex.ru

Предложен метод совокупного представления датировок ископаемых объектов. Такой подход позволяет представить многочисленные разрозненные датировки ископаемых объектов, содержащие информацию о характеристиках палеоклимата, в виде дискретного ряда, качественно отражающего увлажненность регионов. Результатом применения метода также может стать гипотеза о недостоверности отдельных датировок. Метод может быть применен и для анализа температурного режима исследуемых регионов.

Ключевые слова: палеоклимат, датировка, ископаемые объекты, дискретный ряд, ошибки датирования, голоцен.

Method for consolidate representation of fossil objects dating

D.I. Yakushev

Saint-Petersburg Police University, Saint Petersburg, Russia

So far, methods of dating fossil objects have allowed us to obtain a large amount of data that characterize the moisturization of our planet's areas during different time intervals. At the same time, in some cases, fossil objects contain information about the characteristics of the climate of the epoch of their existence. The available dating is scattered and does not allow us to get an overall picture of the changes occurred. Therefore, the developed method of aggregate representation of dates is relevant. Scientific materials containing the desired dating are mainly presented on the Internet. Therefore, the target of the first stage is to identify the publications of interest. At the second stage, the dating found and its characteristics are summarized in table 1. At the third stage, the data in table 1 is converted to table 2, reflecting the change in the moisture content of regions with a 100 years sampling interval. At the fourth stage, a simple rule is applied to exclude two multidirectional trends in each cell of table 2. As a result of exclusion, only unidirectional signs remain in each cell that qualitatively characterize the moisture content of the studied regions. It seems that the dating found in a significant minority should be questioned. However, cases in which the number of exceptions exceeds the number of non-excluded characters require additional research. The proposed method is not limited either by the number of studies involved or by the dating methods used. The scientific novelty of the proposed method consists in the aggregate representation of known dating of fossil objects containing information about the characteristics of the climate of the epoch of its existence. The objectivity of the results obtained is based on the use of a variety of independent dating of fossil objects obtained by different methods for different periods and regions. The reliability of the results obtained will increase with the number of dating involved in the analysis.

Keywords: paleoclimate, dating, fossil objects, discrete series, errors of dating, Holocene.

For citation: *D.I. Yakushev.* Method for consolidate representation of fossil objects dating. *Gidrometeorologiya i Ekologiya.* Hydrometeorology and Ecology (Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University). 2020. 59: 150—158. [In Russian]. doi: 10.33933/2074-2762-2020-59-150-158

Введение

Методы датировки ископаемых объектов к настоящему времени позволили получить большое количество данных, характеризующих увлажнение районов нашей планеты в различные временные интервалы. Перечисление этих методов и особенности их применения выходят за рамки настоящей статьи. Общим является то, что они позволяют оценить возраст ископаемых объектов. При этом в некоторых случаях ископаемые объекты содержат информацию и о характеристиках климата эпохи своего существования. Например, исследование пыльцы и спор в ископаемом слое позволяет судить о типе растительности, а следовательно, о температуре и увлажненности исследуемого региона.

К настоящему времени накоплены огромные массивы разрозненных датировок в виде научных статей и отчетов, и число их продолжает увеличиваться. География ископаемых объектов охватывает большую часть поверхности суши. Датировки получены с помощью различных методов и в основном подтверждают и взаимно дополняют друг друга. Однако, во-первых, датировки являются разрозненными, что не позволяет оценить в совокупности имеющиеся данные по интересующему периоду или региону, а, во-вторых, встречаются несогласующиеся между собой и даже противоречащие друг другу данные (см., например, [1, с. 41; 2, с. 8—9]). Поэтому актуальным является вопрос о совместном представлении имеющихся разрозненных датировок ископаемых объектов, что позволит: во-первых, собрать имеющиеся датировки объектов, содержащих информацию о палеоклимате; во-вторых, совокупно представить выявленные данные о климате предшествующих эпох; в-третьих, выявить несоответствия, которые, возможно, помогут оценить существующие датировки с точки зрения их достоверности.

Целью настоящей статьи является описание метода совместного представления датировок ископаемых объектов.

В исследовании рассматривались данные об увлажненности регионов, взятые из случайной выборки статей, в которых в основном представлены результаты исследований ископаемой пыльцы растений.

Метод совместного представления датировок

1. Первым шагом при проведении исследования является выявление существующих датировок. Представляется, что большинство полученных датировок опубликовано в научных отчетах, статьях, материалах конференций, выложенных в Интернет. Поэтому задачей первого этапа исследований является поиск представляющих интерес датировок в Интернете. При разработке метода поиск производился путем обычного запроса в поисковой системе (например, Яндекс) по ключевым словам (например, «палинологические исследования»), а далее осуществлялся просмотр выдачи.

Доля страниц, на которых отсутствуют искомые датировки, очень велика. Поэтому при применении метода к решению конкретной практической задачи, например совместного представления датировок ископаемых объектов, характеризующих увлажнение Камчатки, предпочтительна разработка специального

поискового запроса, учитывающего как особенности поисковой системы, так и характер решаемой задачи. Результатом первого этапа, помимо датировки, описания региона (например, Камчатка) и представляющей интерес характеристики (например, «увеличение увлажнения»), должны стать данные об авторе материала, ископаемом объекте, методе датировки, универсальном указателе ресурса (URL), дате обращения, идентификаторе цифрового объекта (doi) и текст статьи. Возможно, некоторые из этих атрибутов и не понадобятся в дальнейшем исследовании, однако в случае возникновения неясностей эта информация с высокой вероятностью поможет их разрешить.

При разработке метода совместного представления датировок использовались материалы случайной выборки статей из Интернета, содержащих датировки ископаемых объектов в голоцене — более 12 000 лет тому назад.

2. Данные по датировке увлажненности регионов, содержащиеся в выявленных публикациях, были сведены в табл. 1 (некоторые атрибуты в целях сокращения объема не представлены). При этом интервалы повышения/понижения увлажненности, превышающие 1200 лет, не рассматривались, поскольку их длительность значительно превышает продолжительность подавляющего числа других интервальных оценок. Все найденные датировки были приведены к хронологии «календарных лет назад».

Таблица 1

Датировки увлажненности регионов
Dating of moisture content of regions

Число календарных лет назад	Регион	Характеристика	Источник
10 800—10 200	Карелия	Уменьшение увлажненности	Лаврова, 2008
10 300—10 200	Волго-Клязьменское междуречье	Увеличение влажности	Аверин, 2008
9800—9500	Дубна	Сокращение площади болот	Низовцев, 2009
9500—9300	Дубна	Существенное сокращение площади водоемов	Низовцев, 2009
9400—8400	Эфиопия Кения Чад	Экстремально высокий уровень озер	Grove, Goudie, 1971 Richardson, 1966 Grove, Goudie, 1971
9200—9000	Дубна	Увеличение площади водоемов	Низовцев, 2009
9000—8600	Дубна	Уменьшение площади водоемов	Низовцев, 2009
9025±180	Среднетаежная подзона	Осадки (N–242)	Карпеко, 2005
8420±120	Западной Сибири	Осадки (N–134)	
8500—7700	Южное Зауралье	Высокое увлажнение	Рябогина, 2005
8000	Палестина	Аридизация климата	Hassan, 1986
7700—6300	Южное Зауралье	Низкое увлажнение	Рябогина, 2005
7500	Северная Африка	Кульминация аридного климата	Lubell, 2001
7500—7100	Дубна	Уменьшение площади водоемов	Низовцев, 2009
7500—6800	Северо-запад Байкала	Обильное увлажнение	Безрукова и др., 2007

Продолжение табл. 1

Число календарных лет назад	Регион	Характеристика	Источник
7200—6500	Северо-запад России	Увеличение площади водоемов	Долуханов, 1981
7100—6500	Дубна	Увеличение площади водоемов	Низовцев, 2009
6800—6300	Уэлен, северо-восток Чукотки	Высокое увлажнение	Переладов, 2006
6700—5980	Приморье	Влажный климат голоценового оптимума	Урусов, Чипизубова, 2009
6300—6100	Южное Зауралье	Увеличение увлажнения	Рябогина, 2005
6100—5300	Южное Зауралье	Уменьшение увлажнения	Рябогина, 2005
6000	Карелия	Максимум осадков	Филимонова, 2005
6000—4500	Нижнее Поволжье	Увеличение годового количества осадков	Бочкарев, Рысин, 2006
5670—5000	Камчатка	Пик увлажнения	Дирксен, Успенская, 2005
5500—5000	Центральная Мещера	Максимальное сокращение площади озер	Дьяконова, Абрамова, 1998
5200—4200	Горные районы Южной Сибири, Камчатки, Северной Америки, Скандинавии	Проявление увлажнения	Максимов, 1980; Зубарева, 1981; Савина, 1986; Webb et al., 1993; Андреев, Певзнер, 2001
5000	Белоруссия	Начало увеличения увлажнения	Симакова, 2007
5000—4300	Камчатка	Низкая влажность	Дирксен, Успенская, 2005
5000—4700	Северо-запад Байкала	Увеличение влажности	Безрукова и др., 2007
4700—3600	Карелия	Низкое увлажнение	Филимонова, 2005
После 4500	Нижнее Поволжье	Ярко выраженная аридизация климата	Бочкарев, Рысин, 2006
4300—3600	Пустыня Негев	Наибольшее увлажнение	Бабенко, 2007
4300—3500	Камчатка	Пик увлажнения	Дирксен, Успенская, 2005
~ 4200	Приморье	Уменьшение увлажненности	Урусов, Чипизубова, 2009
~ 4200	Египет	Начало упадка Древнего царства. Начало сильнейшей засухи	—
4200—3900	Междуречье	Великая засуха	—
4200—3700	Нижнее Поволжье	Резкая аридизация климата (–50 мм)	Бочкарев, Рысин, 2006
~ 4100	Южный Урал	Резкая аридизация климата. Лесостепь сменяется степью и даже полупустыней	Спиридонова, 1991
4000—3000	Монголия	Понижение уровня озер	Дорофеев, 2008

Число календарных лет назад	Регион	Характеристика	Источник
3900—3500	Среднерусская лесостепь	Повышенное увлажнение	Ахтырцев, Ахтырцев, Яблонских, 2009
3800	Камчатка	Влажный климат	Дирксен, Успенская, 2005
3500—3200	Самарское Поволжье	Влажный климат	Мерперт, Смирнов, 1960
3500—2800	Нижнее Поволжье	Увеличение увлажненности	Бочкарев, Рысин, 2006
3400—2800	Дон	Повышение влажности	Агафонов, 2005
~ 3300	Степи Восточной Европы	Максимум увлажнения	Брукс, 1952
3000—2000	Монголия	Повышение уровня озер	Дорофеюк, 2008
2750—1550	Прибайкалье	Период очередного увлажнения климата Ярменских болот	Безрукова и др., 2004
~ 2600	Западный Саян	Расширение ареала еловых лесов (увеличение увлажненности)	Савина, 1986
~ 2600	Монгольский Алтай	Расширение ареала еловых лесов (увеличение увлажненности)	Виппер и др., 1975
~ 2600	Киргизский Алатау	Подвижки ледников (увеличение увлажненности)	Максимов, 1980
~ 2600	Алтай	Подвижки ледников (увеличение увлажненности)	Михайлов, Севастьянов, 1994
~ 2600	Западный Тибет	Поднятие уровня озер	Hui et al., 1996
~ 2600	Вьетнам	Трансгрессия уровня моря у побережья	Korotky et al., 1995
2800—2100	Северо-Западная Европа	Влажный климат	Борисенков, Пасецкий, 1988
2600—2150	Пустыня Негев	Аридизация климата	Бабенко и др., 2005
2500—2000	Белоруссия	Влажный климат	Симакова, 2007
2450	Патагония	Обнаружена фауна, характерная для аридных условий	Борисова, 2007
2000—1600	Пустыня Негев	Увлажнение климата	Бабенко и др., 2005
700—300	Пустыня Негев	Наибольшее увлажнение	Бабенко, 2007

То, что климат вообще и увлажненность материков в частности не являются величиной постоянной, видимо, обоснования не требует. Однако данные о времени и об интенсивности происходивших изменений могут различаться вплоть до того, что противоречат друг другу. Подобное расхождение может быть вызвано различными внешними физическими условиями существования исследуемых образцов [1], ошибками стратиграфии и другими факторами. При этом представляется, что большинство датировок соответствуют происходившим процессам. В противном случае неминуемо всплывшие противоречия вызвали бы отказ от применения метода, с помощью которого они были получены. Поскольку методы применяются, в большинстве случаев явные противоречия не проявляются.

3. При анализе данных, приведенных в табл. 1, было принято, что изменения увлажненности материков происходили однонаправленно в разных регионах. Представляется, что это предположение было основано на том, что в настоящее время происходит глобальное потепление. Оно происходит на всей планете Земля независимо ни от границ северного, южного, восточного или западного полушария, ни от границ материков, ни тем более от установленных государственных границ ([3, с. 4, 13, 31] и др.). Отсюда в рамках принятого предположения следует вывод о том, что, например, значительное долговременное сокращение площади ледников в Альпах говорит о потеплении климата на всей планете. Если же для какой-либо эпохи будет найдено фактическое опровержение выдвинутому предположению, то оно должно быть либо отвергнуто, либо скорректировано.

Таблица 2 (строки КЛН (календарных лет назад) и НИУ (направление изменения увлажненности) была составлена на основании данных табл. 1 по следующим правилам:

— временные интервалы, указанные в табл. 1, были разбиты на отрезки по 100 лет;

— при увеличении увлажненности в рассматриваемый отрезок времени в соответствующую ячейку табл. 2 ставился знак \uparrow , а при уменьшении — знак \downarrow ;

— при максимуме увлажненности в рассматриваемый отрезок времени в соответствующую ячейку табл. 2 ставился знак $\uparrow\uparrow$, а при минимуме — знак $\downarrow\downarrow$;

— если максимум (минимум) указан в точке (например, 7500), то интервалом повышения (понижения) увлажненности считался период ± 100 лет (7600—7400).

Выбор интервала дискретизации в 100 лет стал компромиссом между желанием его минимизации, с одной стороны, и реальными интервальными оценками, в некоторых случаях превышающими 1000 лет, с другой стороны. Кроме того, интервал 100 лет соответствует разрешению по времени таких источников климатической информации, как споро-пыльцевые спектры, палеопочвы и лессовые отложения [4, с. 306].

4. Исходя из принятой гипотезы о соответствии в основном существующих датировок происходившим процессам при анализе полученных результатов используется простое правило исключения двух разнонаправленных трендов в каждой ячейке строк НИУ в табл. 2. В результате исключения в каждой ячейке остаются только однонаправленные знаки, качественно характеризующие увлажнение исследуемых регионов. Представляется, что оказавшиеся в значимом меньшинстве датировки должны быть подвергнуты сомнению. Однако случаи, в которых число исключений превышает число не исключенных знаков, требуют поиска дополнительных датировок. Кроме того, подобная ситуация может указывать на разнонаправленность изменений, происходивших в разных регионах.

5. В результате получится ряд с интервалом дискретизации 100 лет (строки КЛН и «Ряд» в табл. 2), составленный на основании данных доступных публикаций, который характеризует изменение увлажненности регионов во времени. Запись ряда должна иметь неизменную структуру, что необходимо для корректной автоматической обработки, но при этом представление ряда должно быть удобно для зрительного восприятия. Исходя из этого было принято табличное

Таблица 2

Изменение увлажненности регионов
Changing the moisture content of regions

КЛН	1000— 1100	1100— 1200	1200— 1300	1300— 1400	1400— 1500	1500— 1600	1600— 1700	1700— 1800	1800— 1900	1900— 2000
НИУ	—	—	—	—	—	—	↑	↑	↑	↑
Ряд	0—(0)	0—(0)	0—(0)	0—(0)	0—(0)	0—(0)	1(0)	1↑(0)	1↑(0)	1↑(0)
КЛН	2000— 2100	2100— 2200	2200— 2300	2300— 2400	2400— 2500	2500— 2600	2600— 2700	2700— 2800	2800— 2900	2900— 3000
НИУ	↑↑	↑↑	↑↓↑	↑↓↑	↑↓↑	↑↑↑↑↑↑↑↓	↑↑↑↑↑↑↑↑	↑	↑↑↑	↑↑↑
Ряд	2↑(0)	2↑(0)	1↑(1)	1↑(1)	1↑(1)	6↑(1)	7↑(0)	1↑(0)	3↑(0)	3↑(0)
КЛН	3000— 3100	3100— 3200	3200— 3300	3300— 3400	3400— 3500	3500— 3600	3600— 3700	3700— 3800	3800— 3900	3900— 4000
НИУ	↓↑↑	↓↑↑	↓↑↑↑	↓↑↑↑	↓↑↑	↑↓↑	↑↓↑↓	↓↑↓↑↑↑	↓↑↓↑↑↑	↓↑↓↓↓↓
Ряд	1↑(1)	1↑(1)	2↑(1)	2↑(1)	1↑(1)	1↑(1)	0—(2)	0—(3)	0—(3)	4↓(1)
КЛН	4000— 4100	4100— 4200	4200— 4300	4300— 4400	4400— 4500	4500— 4600	4600— 4700	4700— 4800	4800— 4900	4900— 5000
НИУ	↓↑↓↓↓↓↓↓	↓↑↓↓↓↓↓↓	↑↓↑↓↓	↑↓↓	↑↓↓↓	↑↓↓	↑↓↓	↑↓↑	↑↓↑	↑↓↑
Ряд	6↓(1)	7↓(1)	1↓(2)	1↓(1)	2↓(1)	1↓(1)	1↓(1)	1↑(1)	1↑(1)	1↑(1)
КЛН	5000— 5100	5100— 5200	5200— 5300	5300— 5400	5400— 5500	5500— 5600	5600— 5700	5700— 5800	5800— 5900	5900— 6000
НИУ	↑↓↑↑	↑↓↑↑	↑↓	↓↑↓	↓↑↓	↓↑	↓↑	↓	↓	↓↑↑
Ряд	2↑(1)	2↑(1)	0—(1)	1↓(1)	1↓(1)	0—(1)	0—(1)	1↓(0)	1↓(0)	1↑(1)
КЛН	6000— 6100	6100— 6200	6200— 6300	6300— 6400	6400— 6500	6500— 6600	6600— 6700	6700— 6800	6800— 6900	6900— 7000
НИУ	↑↓↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑↑↑	↑↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑
Ряд	2↑(1)	2↑(0)	2↑(0)	2↑(0)	2↑(0)	4↑(0)	4↑(0)	3↑(0)	3↑(0)	3↑(0)
КЛН	7000— 7100	7100— 7200	7200— 7300	7300— 7400	7400— 7500	7500— 7600	7600— 7700	7700— 7800	7800— 7900	7900— 8000
НИУ	↑↑↑	↓↑	↓↑	↓↑	↓↓↓↑	↓↓	—	↑	↑	↑↓
Ряд	3↑(0)	0—(1)	0—(1)	0—(1)	2↓(1)	2↓(0)	0—(0)	1↑(0)	1↑(0)	0—(1)
КЛН	8000— 8100	8100— 8200	8200— 8300	8300— 8400	8400— 8500	8500— 8600	8600— 8700	8700— 8800	8800— 8900	8900— 9000
НИУ	↑↓	↑	↑	↑	↑↑	↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓
Ряд	0—(1)	1↑(0)	1↑(0)	1↑(0)	2↑(0)	1↑(0)	0—(1)	0—(1)	0—(1)	0—(1)
КЛН	9000— 9100	9100— 9200	9200— 9300	9300— 9400	9400— 9500	9500— 9600	9600— 9700	9700— 9800	9800— 9900	9900— 10000
НИУ	↑↑	↑↑	↑	↓↑	↓	↓	↓	↓	—	—
Ряд	2↑(0)	2↑(0)	1↑(0)	0—(1)	1↓(0)	1↓(0)	1↓(0)	1↓(0)	0—(0)	0—(0)
КЛН	10000— 10100	10100— 10200	10200— 10300	10300— 10400	10400— 10500	10500— 10600	10600— 10700	10700— 10800	10800— 10900	10900— 11000
НИУ	—	—	↑↓	↓	↓	↓	↓	↓	—	—
Ряд	0—(0)	0—(0)	0—(1)	1↓(0)	1↓(0)	1↓(0)	1↓(0)	1↓(0)	0—(0)	0—(0)

Примечание. КЛН — календарных лет назад, НИУ — направление изменения увлажненности, Ряд — итоговый ряд.

представление ряда со следующей структурой. Временные отметки расположены в строках КЛН. Первое число в ячейке строки «Ряд» (см. табл. 2) обозначает число не исключенных датировок, указывающих на повышение \uparrow или понижение \downarrow увлажненности, а число в скобках — число исключенных разнонаправленных трендов. Прочерком (—) обозначено отсутствие не исключенных трендов. В отдельных случаях, например при отсутствии датировок в ячейке, запись могла бы быть упрощена, однако структура записей оставлена неизменной в целях упрощения их дальнейшей автоматической обработки.

В полученном ряде отображаются только периоды повышения \uparrow и понижения \downarrow увлажнения, а количественные характеристики не учитываются. Предлагаемый метод не ограничен ни количеством привлекаемых исследований, ни географическим расположением исследуемых регионов, ни использованными методами датирования.

Полученный ряд содержит совместное представление датировок климатических изменений за исследуемый промежуток времени. Подобное представление информации о палеоклимате позволит свести имеющиеся данные, полученные с помощью различных методов датирования разными исследователями в разных регионах, в форму, удобную как для дальнейшей автоматической обработки, так и для визуального восприятия. Реализация предложенного подхода позволит оценивать имеющиеся данные в совокупности, что повысит обоснованность и достоверность выносимых суждений.

Заключение

В статье описан метод совместного представления датировок ископаемых объектов, позволяющий свести разрозненные данные о климате прошедших эпох во временной ряд с периодом дискретизации 100 лет, отражающий происходившие качественные изменения.

Научная новизна предложенного метода заключается в возможности совместного рассмотрения датировок ископаемых объектов, содержащих информацию и о характеристиках климата эпохи своего существования.

Объективность получаемых результатов основывается на использовании множества независимых датировок ископаемых объектов, полученных различными методами для различных периодов и регионов.

Метод разработан на основании данных об увлажненности регионов, взятых из случайной выборки статей, в которых в основном представлены результаты исследований ископаемой пыльцы растений. Возможно также исследование и датировок температуры. Кроме того, вместо возрастания (убывания) увлажненности (повышения (понижения) температуры) можно рассматривать произрастание в регионе выбранных растений (например, сосны или дуба), что позволит оценить количественные характеристики увлажнения или температуры.

Достоверность полученных результатов будет возрастать с увеличением числа привлеченных к анализу датировок. При этом также возможно проведение дифференцированного исследования по регионам и последующее сопоставление

полученных результатов с целью подтверждения (опровержения) гипотезы об одинаправленности изменений климата в прошлом в разных регионах планеты. Выявляемые в процессе исследования несоответствия, возможно, помогут оценить существующие датировки с точки зрения их достоверности.

Список литературы

1. *Епимахов А.В.* Радиоуглеродная хронология бакальской культуры / В сб.: Проблемы бакальской культуры. Челябинск: ООО «ЦИКР «Рифей», 2008. 164 с.
2. *Соломина О.Н.* Горное оледенение Северной Евразии в голоцене. М.: Научный мир, 1999. 272 с.
3. Изменение климата. Информационный бюллетень. 2019. № 81 (октябрь — ноябрь). URL: http://www.meteorf.ru/upload/iblock/e38/Izmenenie_klimata_N81_OctNov_2019.pdf (дата обращения 18.05.2020).
4. *Леви К.Г., Задонина Н.В., Бердникова Н.Е.* и др. Современная геодинамика и гелиогеодинамика. 500-летняя хронология аномальных явлений в природе и социуме Сибири и Монголии. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003. 383 с.

References

1. *Epimakhov A.V.* Radiokarbonnaya hronologiya Bakalskoy kultury. Problemy Bakalskoy kultury. Radiocarbon chronology of Bakal culture. The problems of Bakal culture. Chelyabinsk: ООО «ЦИКР «Рифей», 2008: 164 p. [In Russian].
2. *Solomina O.N.* Gornoye oledneniye Severnoy Evrazii v golocene. Mountain glaciation of Northern Eurasia in the Holocene. Moscow: Nauchny mir, 1999: 272 p. [In Russian].
3. *Izmeneniye klimata. Informatsionnyy byulleten.* Climate change. Newsletter. 2019, 81 (October – November). Available at: http://www.meteorf.ru/upload/iblock/e38/Izmenenie_klimata_N81_OctNov_2019.pdf (accessed: 18.05.2020). [In Russian].
4. *Levi K.G., Zadonina N.V., Berdnikova N.E.* et al. *Sovremennaya geodinamika i geliogeodinamika. 500-letnyaya hronologiya anomalnyh yavleniy v prirode i sociume Sibiri i Mongolii.* Modern geodynamics and heliogeophysical. 500-year chronology of anomalous phenomena in nature and society in Siberia and Mongolia. Irkutsk: Irkutsk GTU, 2003: 383 p. [In Russian].

Статья поступила 16.03.2020

Принята после доработки к публикации 21.05.2020

Сведения об авторе

Якушев Денис Игоревич, д-р техн. наук, профессор кафедры Специальных информационных технологий Санкт-Петербургского университета МВД России, d.i.ya@yandex.ru

Information about author

Yakushev Denis Igorevich, Grand PhD (Tech. Sci.), Saint-Petersburg Police University, Professor of the Special Information Technologies Department