

геофизических данных. Проблемы интерпретации данных ГИС на ЭВМ». Тюмень, 1992. С. 110-117.

7. Шпуров И.В., Смышляева М.Д., Иванов С.В. и др. Влияние геодинамических условий разработки на фильтрационно-емкостные свойства пород горизонта ЮВ1 Хохряковского месторождения // Известия высших учебных заведений, «Нефть и газ». 2002. № 3. С. 27-32.

8. Хабаров В.В., Волков Е.Н., Малышев О.Г. и др. Эффективность радиометрии скважин при изучении пород тюменской свиты Западной Сибири. Сб. науч. тр. ЗапСибНИГНИ. Эффективность геофизических исследований при разведке нефтяных и газовых месторождений Тюменской области. Тюмень, 1988. С. 54-58.

9. Ясович Г.С. и др. Стратиграфия морских келловей-оксфордских отложений центральной части Западно-Сибирской равнины. Труды ЗапСибНИГНИ, вып. 111. Тюмень, 1976.

Николай Иванович БЫКОВ —
зав. кафедрой экономической географии и картографии,
кандидат географических наук, доцент
nikolai_bykov@mail.ru;

Евгений Петрович КРУПОЧКИН —
доцент кафедры экономической географии
и картографии, кандидат географических наук
kgirochkin@mail.ru;

Ирина Артуровна ХРУСТАЛЕВА —
младший научный сотрудник Института
экологии человека СО РАН,
кандидат биологических наук
kur-42@yandex.ru

УДК 910.26:528.77; 902.699

ФИТОИНДИКАЦИОННОЕ ДАТИРОВАНИЕ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ АЛТАЯ*

PHYTOINDICATOR DATING OF ARCHAEOLOGICAL MONUMENTS OF ALTAI

АННОТАЦИЯ. Необходимость датирования археологических памятников требует привлечения методов исследования естественных наук. В данной работе рассматриваются возможности фитоиндикационного датирования исследуемых объектов в трех направлениях: 1) флористическая индикация, 2) лишенометрическая и 3) фитоиндикация с использованием дистанционных методов. Территорией исследования является Алтай.

SUMMARY. The necessity of archaeological monuments dating demands attraction of research methods typical for natural sciences. In the given work the possibilities of phytoindicator dating of investigated objects in three directions are considered: 1) floristic indication, 2) lichenometric and 3) phytoindication with the usage of remote methods. The territory under research is Altai.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Фитоиндикация, лишенометрия, археологические памятники, дешифрирование космических снимков.

KEY WORDS. Phytoindication, lichenometry, archaeological monuments, analysis of space pictures.

* Работа выполнена при финансовой поддержке фонда «Human Capital Foundation».

Археологические памятники — неотъемлемое явление различных ландшафтов Алтая. Обильность и широкое распространение этих объектов, с одной стороны, требует их инвентаризации и всестороннего изучения, в том числе с использованием географических методов, с другой — создает благоприятные условия для совершенствования данных методов и получения ценных сведений для ряда географических отраслей.

Обязательной задачей изучения археологических памятников является их датирование. Данная задача обычно решается археологами двумя способами: датирование полученных в результате раскопок артефактов (типологическое, радиоуглеродное и др.) и датирование археологических памятников по внешним морфологическим признакам. Во втором случае определяется культурная принадлежность памятника в широких хронологических рамках. Однако датирование объектов не всегда возможно вследствие отсутствия инвентаря и других датировочных признаков, в том числе по причине неизученности памятников конкретного типа.

Растительность как физиономичный компонент ландшафта является доступным и повсеместным индикатором возраста изучаемых объектов. Вместе с тем ее индикационные свойства географически сильно дифференцированы, что требует региональной адаптации метода фитоиндикации. На Алтае данная работа до сих пор не выполнена.

Методика исследований. Исследования проводились в период с 2007 по 2009 гг. в пределах горно-степного пояса Алтая (мелкодерновинно-злаковые степи и их петрофильные варианты), в котором сосредоточено подавляющее большинство памятников. Основная работа была проведена на трех участках — нижняя часть долины р. Большой Яломан (Яломанский археологический комплекс), Курайская котловина и прилегающие к ней долины (могильники Курайка, Коол-1 и другие), долина реки Юстыд (комплекс памятников на левом берегу). Высота над уровнем моря данных участков соответственно составила 850, 1550-1650 и 2100-2200 м, что обеспечивало необходимое географическое разнообразие участков. В качестве объектов исследования были выбраны погребальные и ритуальные памятники древних и средневековых кочевников — херексуры, курганы, оградки.

Исследование проводилось в трех направлениях: 1) флористическое изучение; 2) лихенометрическое; 3) дистанционное.

Для реализации первого направления выполнялись обычные ботанические описания, дополненные описаниями площадок размером 50×50 см (несколько площадок в каждом растительном контуре объекта). Всего было описано 100 объектов.

Лихенометрическое изучение было направлено на оценку индикационных возможностей линейных размеров накипных лишайников. Подобные работы выполнены на 290 археологических памятниках.

Дистанционное изучение индикационных свойств растительного покрова осуществлялось на основе материалов ботанических описаний и данных дистанционного зондирования. Последние представлены мультиспектральным снимком Ikonos (съемка от 5 ноября 2002 г., левобережная часть Курайской котловины) высокого пространственного (2,01 м) и радиометрического (11 бит) разрешения. При обработке снимка мы использовали доступную информацию по 4 спектральным каналам в диапазоне от 0,18 до 0,8 мкм, т.е. видимый (0,48-0,66 мкм) и ближний инфракрасный (до 0,8 мкм) каналы.

Результаты и их обсуждение. Изучение растительности археологических памятников показало, что она отличается от фоновых сообществ. Как правило, в пределах объектов растительный покров имеет от одного до трех контуров,

что обусловлено строением этих объектов. Объекты малых размеров (по диаметру и высоте) имеют один контур. Неграбленные объекты в большинстве своем имеют два контура. Центральный контур в этом случае характеризуется высокой каменистостью (вплоть до 95-100%). У грабленных курганов внутри выше отмеченного контура формируется дополнительный контур с низкой каменистостью (до 3%), а средние показатели общего проективного покрытия здесь несколько большие, чем в фоновых сообществах.

Анализ флористического состава видов показал, что на археологических объектах видовое разнообразие выше, чем в фоновых растительных сообществах. Его формирование происходит как за счет видов фоновой растительности, так и за счет видов, предпочитающих более каменистые или щебнистые местообитания (склоны). В целом наблюдается зависимость видового разнообразия от возраста объекта. Однако на нее значительное влияние оказывают размеры объектов — чем больше диаметр объекта и его высота, тем больше число видов, отмеченных на объекте. Достоверность этого показателя невысокая.

Изучение экологической структуры растительного покрова (табл. 1) археологических объектов с использованием экологических шкал растений по двум факторам — увлажнению и богатству-засоленности почв [1], [2] показало, что фоновые участки во многом сходны. В основном они представлены видами ксерофитных групп. В спектре гидроморф на археологических памятниках доля видов мезофитных групп значительно увеличивается. Спектр трофоморф и курганов и фоновых сообществ не отличается разнообразием, основу составляют семиевтрофные гликофиты, предпочитающие довольно богатые почвы (табл. 1). Ординация описаний фоновой растительности и контуров археологических объектов в системе координат двух факторов — увлажнения и богатства-засоленности почв — позволила выявить закономерность: от фона к центру кургана увеличивается мезофитность растительного сообщества и уменьшается требовательность к богатству почв (рис. 1). Численные значения показателей описаний или характер функции зависимости этих двух факторов могут служить индикатором относительного возраста памятников: чем старше памятник, тем меньше разница между фоном и контурами памятников.

Таблица 1

Соотношение экологических групп растений по числу видов

Экологические группы	Большой Яломан		Курайская котловина		Юстыд	
	фон	курганы	фон	курганы	фон	курганы
Спектр гидроморф						
Субксерофиты	4	4	2	1	2	2
Семиксерофиты	10	15	12	10	9	10
Субмезофиты	8	24	11	11	14	15
Мезофиты	-	18	7	17	1	4
Пермезофиты	-	1	1	1	1	1
Всего	22	62	32	40	27	32
Спектр трофоморф						
Семиевтрофные гликофиты	13	46	25	33	18	20
Евтрофные гликофиты	9	16	7	7	9	12
Всего	22	62	32	40	27	32

Приведенные на рис. 1 объекты приблизительно близки по размерам, поэтому можно предполагать, что из объектов пазырыкской культуры (объекты могильника Яломан-III) старше курган № 11. Объект № 10 в могильнике Яломан-II закономерно демонстрирует более молодой возраст, поскольку относится к памятникам булан-кобинской культуры (гунно-сарматское время).

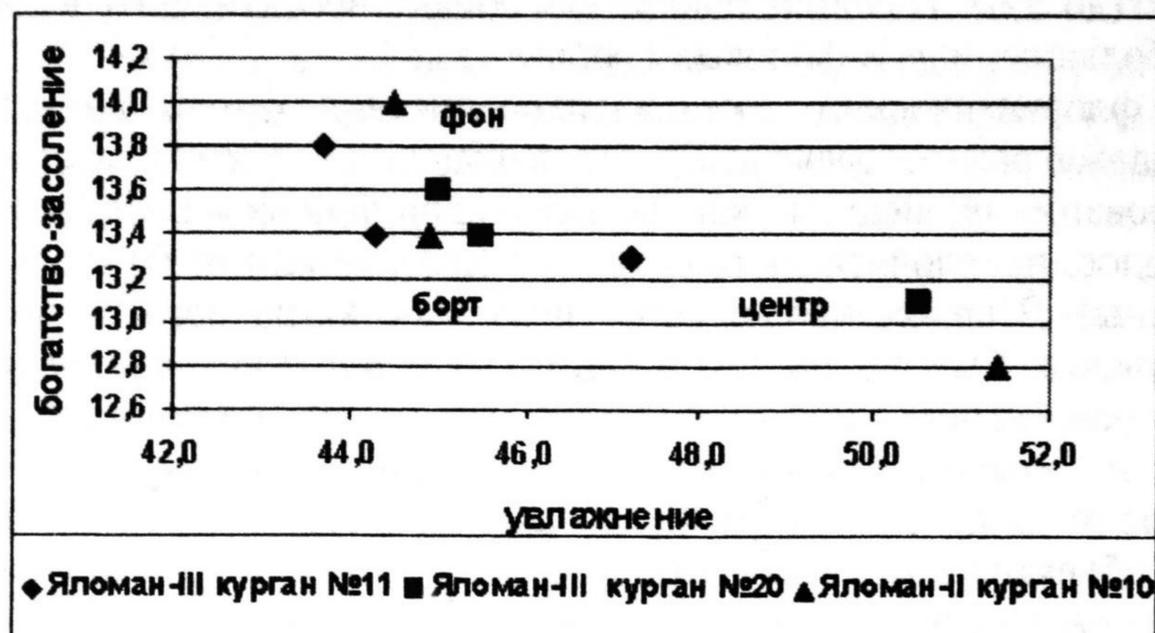


Рис. 1. Ординация растительных сообществ на памятниках Яломанского археологического комплекса по двум факторам (значения даны в баллах)

В ходе лишенометрических исследований выполнялись измерения (на 270 объектах) максимальных диаметров лишайников *Rhizocarpon geographicum* s. str., *Dimelaena oreina* и *Xanthoria elegans*. В Курайской котловине дополнительно измерялась *Lecanora bicincta*, а в долине р. Б. Яломан — *Aspicilia cinerea*. Анализ результатов показал, что четкое одновременное увеличение диаметров первых трех видов отмечается только в долине р. Юстыд (рис. 2). В Курайской котловине (Актру, Курайка) только *Lecanora bicincta* демонстрирует увеличение в размерах при переходе от памятников булан-кобинской культуры к более ранним пазырыкским. В долине Б. Яломана нормальное распределение в размерах отмечено у *Dimelaena oreina* и у *Aspicilia cinerea* при переходе от памятников тюркской эпохи к объектам гунно-сарматского времени (рис. 3)

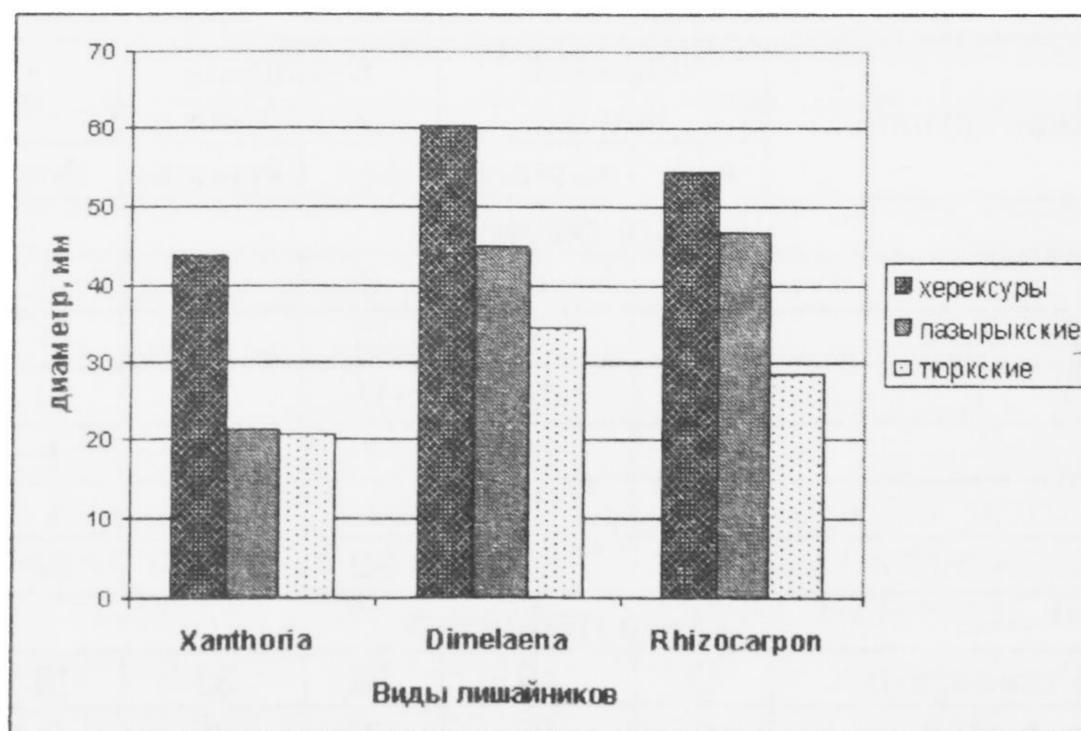


Рис. 2. Максимальные диаметры лишайников на археологических памятниках долины р. Юстыд

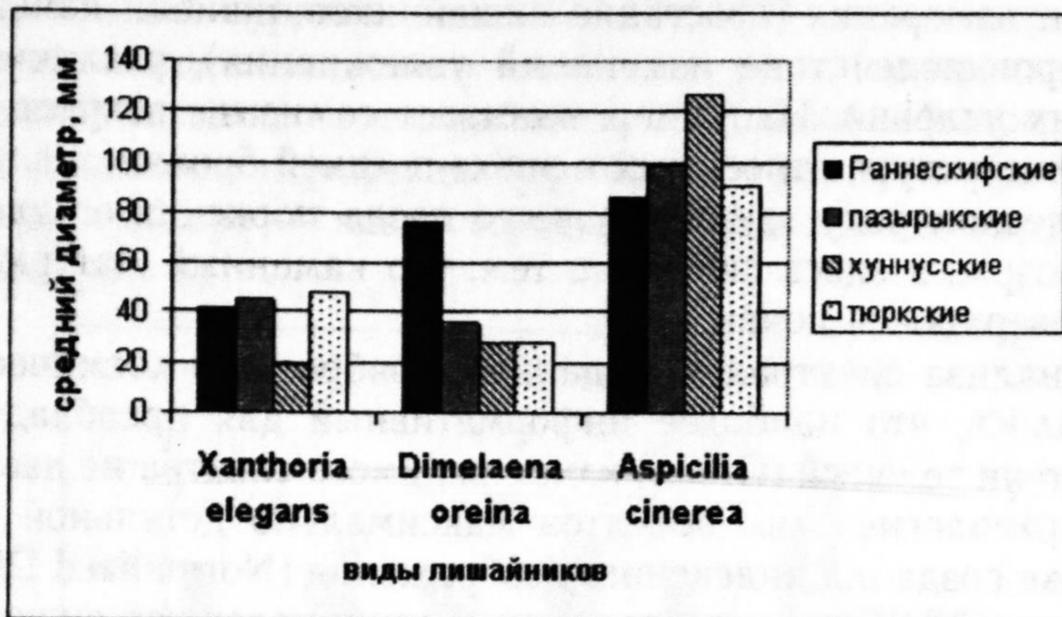


Рис. 3. Максимальные диаметры лишайников на археологических памятниках долины р. Б. Яломан

Таким образом, ранжирование памятников по возрасту (относительное датирование) с использованием максимального диаметра наиболее достоверно в условиях, когда сообщества не достигли климаксового состояния. Поэтому территории с низкой скоростью роста лишайников (экстремальные местообитания) наиболее благоприятны для лихенометрических исследований. Здесь в качестве индикационного показателя может выступать максимальный диаметр не конкретного вида, а среднее арифметическое значение нескольких максимальных диаметров *Rhizocarpon geographicum* и *Dimelaena oreina*.

Подобные исследования выполнены в долине р. Юстыд. Ввиду отсутствия четко датированных поверхностей полученные значения невозможно было использовать для абсолютного датирования археологических памятников, поэтому производилось их относительное датирование (ранжирование по возрасту) (рис. 4).

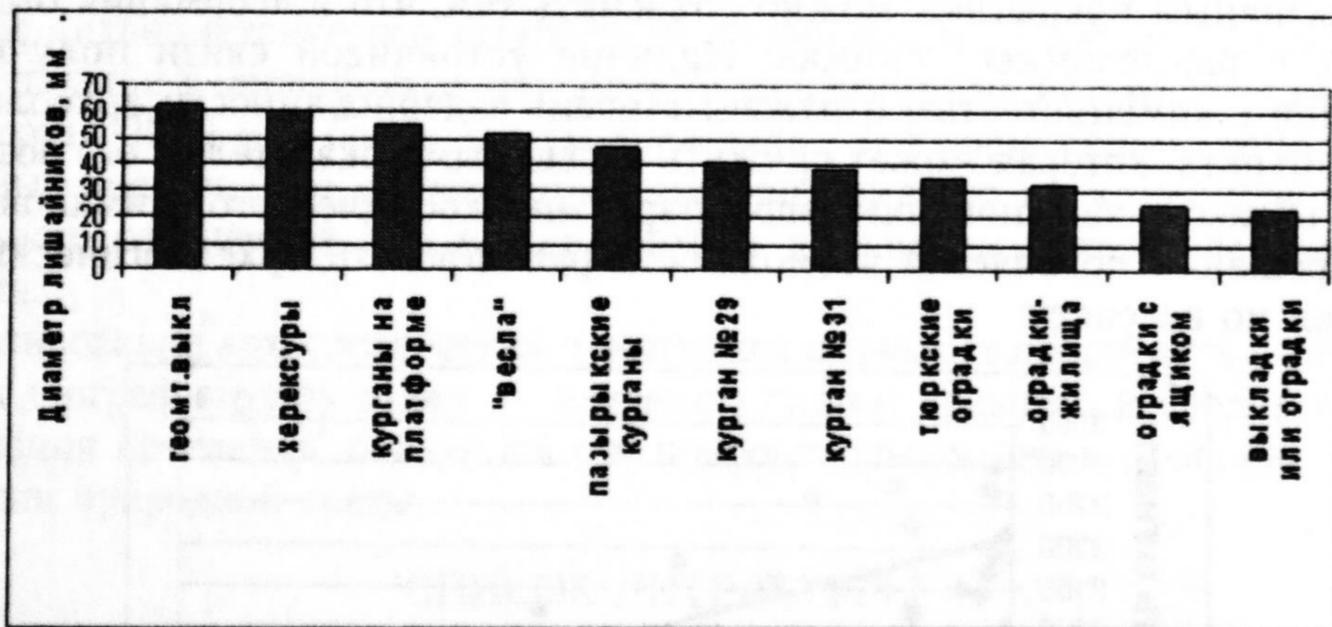


Рис. 4. Лихенометрическое датирование археологических памятников на площадке № 1 (Юстыд)

Выявлено, что подобное датирование памятников позволяет решить ряд исследовательских вопросов: 1) установить хронологическую принадлежность объектов, внешние конструктивные особенности которых не проливают свет на их возраст, 2) ранжировать по возрасту однокультурные памятники. Установление относительного возраста сталкивается с рядом трудностей: нарушение каменного материала объекта (ограбление, разбор насыпи для строитель-

ства), ошибки измерения (срастание лишайников, ошибки измерителя, колебания размеров вследствие изменений увлажнения), различия локальных экологических условий. Например, вызывает сомнение возраст оградок типа «жилищ», в литературе относимых к эпохе поздней бронзы, а в нашем хроностратиграфическом ряду занявших место после тюркских оградок. Вероятно, занижение возраста здесь связано с тем, что каменный материал находится на уровне поверхности почвы.

В ходе анализа спектральных данных ноябрьского космического снимка Ikonos оказалось, что наиболее информативный для преобладающей части Курайской степи зеленый (Green) канал видимого спектра не дает для дешифрирования археологических объектов максимально детальной информации. Результаты же создания индексного изображения (Normalized Difference Vegetation Index — NDVI) по ноябрьскому снимку содержат существенные информационные «шумы», затрудняющие процесс поиска и распознавания объектов археологии. Поэтому для улучшения дешифровочных характеристик был предложен способ линейной фильтрации частотной области, который позволяет: а) устранять или сглаживать частотные «шумы», б) увеличивать контраст изображения за счет изменения тонопередачи. Так называемые «шумы» могут возникать в самой съемочной системе либо за счет грубой первичной обработки космических снимков. Контраст изображения тесно связан с понятием цветности снимка. Решение отмеченных выше задач, связано, как правило, с концепцией линейной обработки изображений (т.н. метод Фурье) [3].

Далее были сняты функциональные значения индексов обработанного изображения по 30 ключевым археологическим объектам по двум направлениям — С-Ю и З-В. При этом учитывались информационная емкость каналов видимого спектра (псевдоцвета) и численные значения индексов. Полученные в результате статистической обработки данные показали слабую статистическую связь с проективным покрытием растительности ($k=0,2$) и устойчивую связь ($k=0,65$) с каменистостью (рис. 5). Слабую связь сигнала с проективным покрытием можно объяснить тем, что информация была получена с раннезимнего снимка. Наличие устойчивой связи полученных значений с каменистостью отражает степень задернованности археологического объекта, которая может служить косвенным показателем его возраста. Таким образом, на основании дешифрирования космического снимка высокого разрешения появляется возможность ранжировать археологические памятники по возрасту.



Рис. 5. Связь спектральной информации космического снимка с каменистостью растительных контуров на археологических объектах Курайской котловины

Все исследованные курганы (точки 177-181, 183) имели по три контура растительности, что свидетельствовало о наличии у них центральной западины, возникшей, вероятно, вследствие ограбления памятников. Поэтому можно предполагать, что отношение периферия/борт будет отражать возраст памятников, а отношение центр/борт — время ограбления или степень нарушенности насыпи курганов (рис. 6).

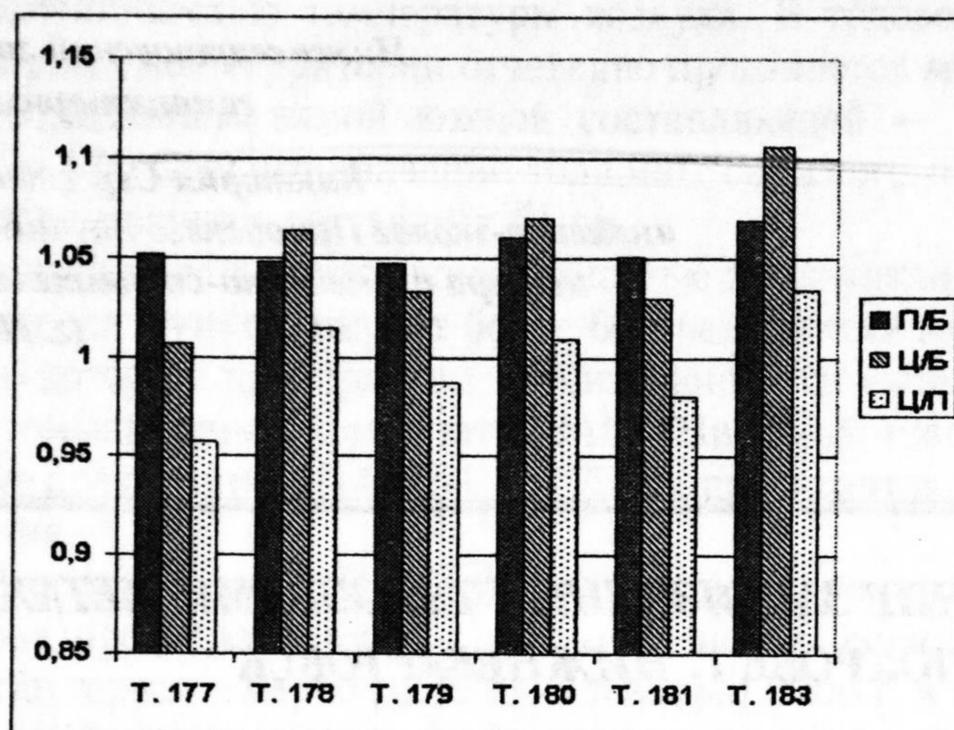


Рис. 6. Отношение мощности сигнала в центре (Ц), на борту (Б) и периферии курганов (П)

Выводы

На основании выполненных исследований можно утверждать следующее: 1) ранжирование археологических объектов по числу видов (с учетом размеров объектов) и двум экологическим факторам (богатство-засоление и увлажнение) может свидетельствовать об относительном возрасте этих объектов, 2) относительное лихенометрическое датирование по линейным размерам определенных видов накипных лишайников наиболее благоприятно на юго-восточном Алтае на высотах 2000 м и более над уровнем моря, 3) позднеосенние мультиспектральные космические снимки отражают информацию по каменистости растительного сообщества, что может служить косвенным показателем возраста объекта.

Датирование археологических памятников позволяет приступить к решению и ряда географических задач — изучению систем древнего и средневекового расселения населения, оценке систем природопользования в прошлом, реконструкции природной среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королюк А.Ю. Экологические оптимумы растений юга Сибири. // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. Барнаул-Кемерово, 2006. С. 3-28.
2. Селедец В.П. Метод экологических шкал в ботанических исследованиях на Дальнем Востоке России. Владивосток, 2000. 248 с.
3. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М.: Техносфера, 2006. 616 с.