

А.В. Никулина, И.Д. Зольников, Я.В. Кузьмин, О.В. Софейков,
Д.А. Чупина, Н.В. Глушкова, Д.В. Пчельников

МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОСЕЛЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ЭПОХИ БРОНЗЫ, РАННЕГО ЖЕЛЕЗНОГО ВЕКА И СРЕДНЕВЕКОВЬЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БАРАБИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Работа выполнена в рамках государственного задания, проект № 0330-2016-0018.

Работа посвящена методике анализа пространственного расположения поселений с помощью ГИС-технологий в рамках ландшафтной археологии на примере памятников эпохи бронзы – средневековья центральной части Барабинской низменности. Использованная методика применима к археологическому материалу полупустынных, степных и лесостепных регионов. Выявлены реальные закономерности локализации поселений, зависящие от особенностей климата и хозяйственной деятельности населения.

Ключевые слова: ГИС; ландшафтная археология; Барабинская низменность; палеоклимат; эпоха бронзы; ранний железный век; средневековье; хозяйственная деятельность; палеоландшафт.

Введение. Геоинформационные системы (ГИС) в археологии применяются около 30 лет. ГИС-технологии являются широко востребованной методикой при проведении пространственного анализа археологических объектов. В настоящее время наиболее успешно этот подход реализуется в рамках направления ландшафтной археологии. Центральное место в исследованиях этого направления занимают «культурные ландшафты» – сложные комплексы взаимодействующих природных и антропогенных компонентов [1]. В результате становления ландшафтной археологии были разработаны процедуры, методы и подходы (напр., [2–4]). Несмотря на то, что количество подобных работ постепенно возрастает (см. [5–7]), апробация ГИС-методов в ландшафтной археологии на российских материалах носит пока ограниченный характер. Это связано с тем, что ГИС-технологии еще не стали общеупотребимым инструментом в России, поскольку они требуют от археолога дополнительных знаний и навыков в смежных областях исследований. Предлагаемая авторами комплексная методика апробирована на территории центральной части Барабинской низменности (Новосибирская область, юг Западно-Сибирской равнины) и может быть применена к тем регионам России, для которых в голоцене были характерны полупустынные, степные и лесостепные ландшафты.

Методика и фактический материал. Как было отмечено выше, к настоящему моменту существуют разнообразные методы пространственного моделирования, применяемые в археологии. Остановимся на наиболее популярных из них [1, 2, 4, 7–9]. Совокупный анализ зон видимости (Cumulative Viewshed Analysis) позволяет при создании 3D модели изучаемой местности определить потенциал визуального обзора с определенной точки. Анализ энергетических затрат (Cost Distance Analysis) позволяет учесть энергетические затраты на преодоление расстояния по пересеченной местности. В результате моделируются кратчайшие пути до каких-либо объектов. При построении полигонов Тиссена (Thiessen Tessellation), также называемые диаграммами Дирихле (Dirichlet

diagrams) и диаграммами Вороного (Voronoi diagrams), строятся полигоны, обозначающие зону влияния каждой конкретной точки. Каждый точечный объект окружается многоугольником так, что его границы приходятся на середину расстояния между данной точкой и всеми соседними точками. В археологии эту ограниченную территорию рассматривают как потенциальную экономическую зону вокруг поселения. Для построения адекватной модели необходимо учитывать природные барьеры и вес поселения. Для определения компактности памятников прибегают к измерению плотности точек (Simply Density, Kernel Density). Также существует метод «система центральных поселений и сетка Кристаллера», при помощи которого выделяются поселенческие центры и строится модель системы расселения.

Выбор приемов и способов обработки данных в ландшафтной археологии предопределяется региональной спецификой. В условиях слаборасчлененного рельефа Барабы проведение анализов зон видимости и энергетических затрат вряд ли является целесообразным. Кроме того, в изучаемом регионе ограничена эффективность анализа потенциальных ресурсных зон при помощи построения сеток Кристаллера, полигонов Тиссена и плотностных карт, поскольку отсутствуют данные о том, какие поселения, относящиеся к одной культуре, функционировали одновременно, а какие сменяли друг друга во времени.

Барабинская низменность с высотами в среднем от 90 до 110 м над уровнем моря расположена в южной части Западно-Сибирской равнины на междуречье рек Оби и Иртыша. Согласно традиционным представлениям о геолого-геоморфологическом строении территории [10–12], для Барабинской низменности выделяется две зоны: 1) равнинная (северная); 2) гривно-котловинная (центральная и южная). Северо-западная часть первой зоны характеризуется большим количеством глубоко врезанных рек и ручьев; восточная часть менее дренирована, а ее рельеф имеет равнинно-западинный характер с плоскими котловинами и блюдцами. Северная зона низменности имеет специфические ландшафтные особенности (южная тайга),

поэтому в данной работе не рассматривается. В гравно-котловинной зоне сосредоточены крупные гривы, протягивающиеся на несколько десятков километров и достигающие в высоту более 10 м. На западе и юго-западе зоны гривы меньше, длиной до 2–3 км и высотой до 2–3 м (иногда до 5 м). Межгривные понижения имеют вытянутую форму; часть из них бессточная и замкнутая, а другие соединены между собой небольшими водотоками. В понижениях происходит накопление воды в течение всего года, либо весной и в наиболее дождливое время. Все межгривные понижения характеризуются избыточным увлажнением или заболоченностью. По сравнению с равнинной зоной на территории гравно-котловинного рельефа количество рек меньше; они протекают в слаборазработанных долинах, пересекая озеровидные расширения. Для Барабы характерны озерные котловины – как заполненные водой, так и осушенные. Растительность района исследований представлена луговыми, степными, болотными ассоциациями, березовыми колками. В голоцене ландшафтная обстановка менялась в зависимости от динамики климата (особенно влажности) [13]; при этом большую роль в локализации тех или иных видов растительности играл рельеф. Кроме того, хозяйство многих культур было многоукладным, а преобладание одних его элементов над другими могло неоднократно меняться [14]. Поэтому носители тех или иных культур выбирали места для расположения поселений в разных геоморфологических позициях в соответствии с палеоклиматической обстановкой и структурой хозяйства. Учитывая вышеизложенное, наибольшими перспективами в данном региональном контексте обладает анализ геоморфологической приуроченности поселений; этот подход позволяет рассматривать палеоландшафты, которые обладают разной ресурсной значимостью.

Нами была осуществлена оценка эффективности различных геоморфологических признаков. Для каждого поселения был рассчитан ряд показателей, например, экспозиция и степень крутизны поверхности; характер освещенности; положение относительно доминирующей розы ветров; высоты поселений относительно уровня моря; расстояние от памятников до озер и палеоозерных котловин, расстояние между поселениями одной культуры и др. Большинство этих признаков было признано малоинформативными.

В качестве наиболее информативных были выбрано несколько ключевых показателей. Расстояние памятника до ближайшей реки (в том числе до палеообъектов – покинутых палеорусел, пересохших стариц и т.п.) характеризует обеспечение поселения водными ресурсами. Высота поселения относительно уреза ближайшей реки является гораздо более информативным показателем по сравнению с абсолютной высотной отметкой. Очень важной является характеристика геоморфологической приуроченности памятника (речные долины, эрозионные останцы, прибрежные поверхности, полого-волнистая равнина, гривы и т.д.). В качестве дополнительного признака для сравнения группировок памятников разных культур и эпох был использован геоморфологический критерий. Все геоморфологические позиции, к кото-

рым приурочены поселения, были объединены в три категории: 1) долины рек, низкое высотное расположение на эрозионных останцах, прибрежных поверхностях и гривах вблизи долин рек; 2) прибрежные поверхности средней высоты, а также локализация высоко и на средней высоте на эрозионных останцах внутри долин рек, на всех гривах внутри котловин палеозер, низкое и среднее высотное расположение на гривах вблизи озер, приуроченность к гривам средней высоты около долин рек; 3) автоморфные ландшафты (высокие прибрежные поверхности и гривы вблизи долин рек и озер). Заселение первых могло происходить только при сухом климате. При наиболее влажных условиях поселения располагались только в автоморфных ландшафтах. Расположение поселений на позициях второй категории могло происходить как в аридные, так и в гумидные фазы, а также при умеренном увлажнении. Расчет геоморфологического индекса увлажненности производился по формуле:

$$(A*1+B*2+C*3)/100\%,$$

где буквами обозначено количество памятников на разных геоморфологических позициях (в процентах): А – геоморфологические позиции первой категории; В – второй; С – третьей. Предполагается, что чем больше значение индекса, тем более влажными были палеоклиматические условия.

На основе морфометрического анализа рельефа было проведено картографирование геологогеоморфологического каркаса территории [15]. В качестве основы была использована цифровая модель рельефа (ЦМР) SRTM, находящаяся в свободном доступе (<http://srtm.csi.cgiar.org/>), с пространственным разрешением 3 аркsekунды (размер пикселя приведен к 60x60 м). Для выявления особенностей рельефа района исследования проанализированы карты четвертичных отложений масштабов 1:500000 и 1:200000 и объяснительные записи к ним. В результате автоматического распознавания образов по разработанной авторами методике [16] на основе морфометрического анализа были получены контуры таких форм рельефа, как гривы, котловины, полого-волнистая равнина. Долины с озеровидными расширениями были оконтурены вручную по ЦМР. Верификация полученной карто-схемы производилась по космическим снимкам и картам четвертичных отложений.

Вокруг каждого памятника проведено моделирование потенциальной ресурсной зоны. Согласно существующей теории ресурсных зон (Site Catchment Analysis), разные типы хозяйства требуют определенную область вокруг поселения [3, 7, 17]. Например, для занятия земледелием и ведения оседлого образа жизни наиболее интенсивно используется территория радиусом 5 км в центре с поселением. При этом наиболее важные ландшафты сосредоточены в радиусе 1 км для земледелия и 5 км для пастушеского скотоводства. Для ведения охоты и занятия мобильными формами скотоводства использовалась территория радиусом до 10 км вокруг поселения. Размеры ресурсных зон определяют время, затрачиваемое на достижение границы ресурсной зоны. При умеренном темпе ходьбы по достаточно ровной местности для того,

чтобы достичь границу потенциальной ресурсной зоны радиусом 1 км необходимо 10 минут, 5 км – 1 час, 10 км – 2 часа. В соответствии с этим вокруг всех поселений построены буферные зоны радиусами 1, 5 и 10 км; в каждой из них вычислены процентные доли форм рельефа (долины, озерные котловины, полого-волнистая равнина с гравиями) от общей площади круга.

Для вычисления показателей, моделирования потенциальной ресурсной зоны и проведения морфометрического анализа использовался программный пакет ArcGIS 10.2.1. Как и при создании карто-схем форм рельефа, для расчета показателей использовалась ЦМР SRTM с пространственным разрешением 3 аркsekунды. При размере пикселя 60×60 м отмечается некоторая генерализация полученных значений, однако, величина изменения рельефа в Барабинской низменности невелика; исключение могут составлять останцы, гравии, уступы террас. Статистическая обработка данных производилась в программном пакете Statistica 10.0; для составления базы данных и построения диаграмм использовалась программа Microsoft Excel.

На территории Барабы до недавнего времени специальных работ по ландшафтной археологии практически не велось. Первые шаги в этом направлении были предприняты в 2012–2014 гг. Была составлена база геоданных археологических памятников [18, 19], основанная на информации из опубликованных сводов по ряду районов Новосибирской области [20–22] и материалов, предоставленных сотрудниками Научно-производственного центра по сохранению историко-культурного наследия Новосибирской области. В результате полевых работ в 2012–2014 гг. для каждого археологического памятника были определены географические координаты (с использованием GPS-приемника Garmin 76GSx) и уточнены геоморфологические позиции. В базе данных каждый памятник характеризуется следующими признаками: 1) название; 2) географические координаты; 3) тип памятника (городище, неукрепленные поселения и стоянки, грунтовые и курганные могильники); 4) геоморфологическая приуроченность (долины с озеровидными расширениями, полого-волнистая равнина, эрозионные останцы, гравии, а также бровки, разделяющие долины и пологово-волнистую равнину); 5) хронологическая атрибуция (с точностью до эпохи или культуры); 6) ссылка на источник информации; 7) дополнительная информация. Каждый культурно-стратиграфический слой многослойных памятников является в базе отдельным объектом. В настоящем исследовании проведен анализ только поселений от эпохи бронзы до средних веков. Для этого из существующей базы данных была сделана выборка из 92 поселений, включающих 101 объект: 41 – эпохи бронзы, 24 – раннего железного века, 36 – средневековья.

Результаты. На рис. 1, 2 и в табл. 1 приведены средние значения показателей, нормированные на максимальное значение (для каждого параметра за 100% принято максимальное значение), по эпохам, а на рис. 3, 4 и табл. 2 – по культурам. Значения признаков не были одинаковыми на протяжении всего изучаемого хронологического промежутка.

Прежде всего, следует отметить, что при рассмотрении значений признаков, рассчитанных для каждой археологической эпохи, мы получаем усредненную картину, отражающую генерализованные трендовые закономерности по сравнению с данными по отдельным культурам. Так, от эпохи ранней бронзы к раннему железному веку и средневековью значения всех признаков увеличиваются (рис. 1): поселения располагаются все дальше и выше относительно рек. Значения геоморфологического индекса также повышаются, что свидетельствует о том, что со временем население предпочитает более автоморфные ландшафты для обитания.

Содержание долей форм рельефа, а, следовательно, и кормящих палеоландшафтов в границах потенциальных ресурсных зон также изменялось (рис. 2, табл. 1). Наиболее ярко различия между эпохами и культурами по данному признаку проявляются в границах зоны радиусом 5 км. В эпоху бронзы доля речных долин в границах зон была выше, чем в последующие эпохи. Однако на протяжении всего рассматриваемого времени большую часть зоны занимали пологово-волнистая равнина и котловины палеоозер.

При рассмотрении значений показателей для каждой культуры (рис. 3, 4, табл. 2) наряду с отмеченным выше увеличением значений геоморфологического индекса, высотных отметок памятников и их расстояний относительно рек, снижения доли речных долин в границах потенциальных ресурсных зон радиусом 5 км вокруг поселений, определяются также специфические особенности пространственной локализации для каждой культуры. Выявлено, что одни археологические культуры объединяются в группы, поскольку обладают сходными геоморфологическими характеристиками. Вместе с тем, некоторые культуры имеют индивидуальные особенности, сильно отличающие их поселения от других культур.

Памятники байрыкского типа и усть-таргасской культуры относятся к одной группе поселений, поскольку они расположены низко над урезом воды и близко к рекам; геоморфологический индекс имеет самые низкие значения. Кроме этого, в границах потенциальных ресурсных зон высоко содержание доли речных долин.

Поселения одновской и кротовской культур составляют следующую группу памятников. По сравнению с усть-таргасской культурой и байрыкским типом объектов поселения одновской, кротовской и ирменской культур имеют более высокие значения геоморфологического индекса, а также расположены выше и дальше по отношению к рекам. Доля речных долин в границах потенциальных ресурсных зон несколько снижается. Поселения андроновской культуры обладают характеристиками, сходными с памятниками одновской, кротовской и ирменской культур.

Для всех культур раннего железного века и средневековья характерна высокая вариативность средних значений признаков. Высокие значения геоморфологического индекса, положения объектов относительно уреза воды и удаленности от рек отмечаются для памятников саргатской и потчевашской культур. Значения геоморфологического индекса и средние значения

высотных отметок поселений барабинских татар снижаются. Однако расстояния между поселениями и реками увеличиваются.

В границах потенциальных ресурсных зон, построенных вокруг поселений раннего железного века и средневековья, резко снижается удельная площадь долин рек по сравнению с поселениями эпохи бронзы. Полого-волнистая равнина, долины рек и котловины

палеоозер сосредоточены в границах потенциальных ресурсных зон радиусом 5 км вокруг поселений саргатской и потчевашской культур примерно в равном процентном отношении. Уникальными характеристиками по данному параметру обладают поселения барабинских татар: для них отмечается самая низкая среди всех культур доля речных долин и самая высокая – котловин палеоозер.

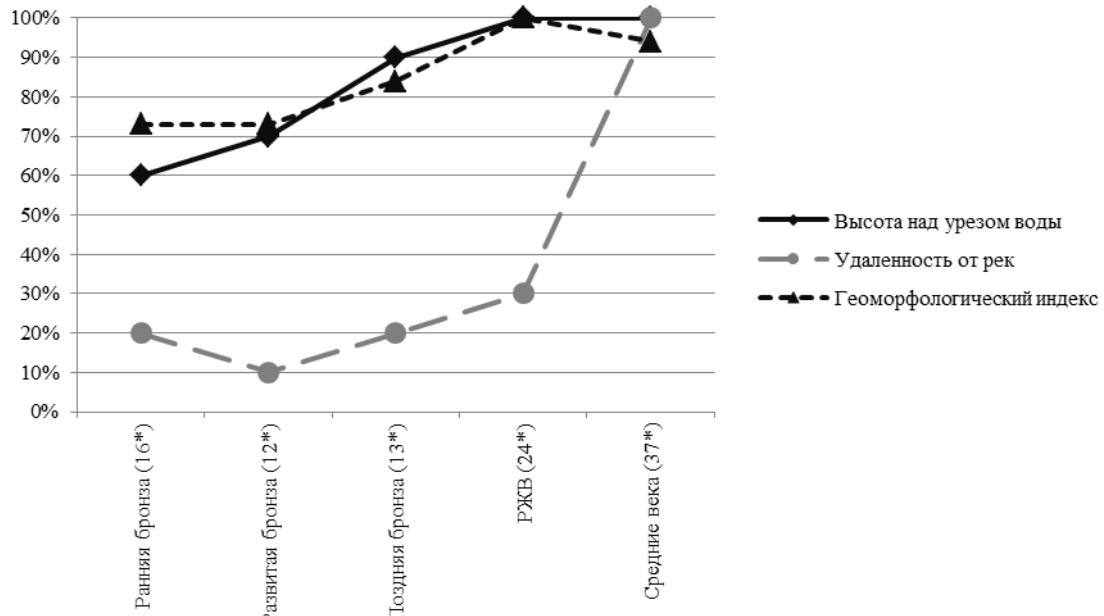


Рис. 1. Средние значения показателей, нормированные на максимум (по эпохам); * общее количество поселений

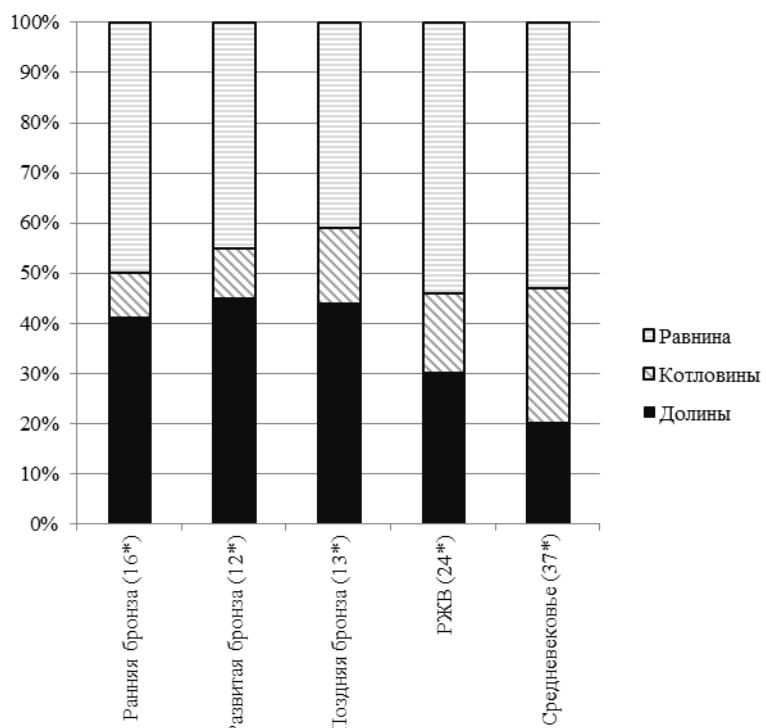


Рис. 2. Средние значения долей форм рельефа в границах потенциальной ресурсной зоны (R=5 км) (по эпохам); * общее количество поселений

Таблица 1

Средние значения долей форм рельефа в границах потенциальной ресурсной зоны ($R=5$ км) (по эпохам)

Эпоха	Форма рельефа		
	Равнина, %	Котловины, %	Долины, %
Ранняя бронза	50	9	41
Развитая бронза	45	10	45
Поздняя бронза	41	15	44
РЖВ	54	16	30
Средневековье	53	27	20

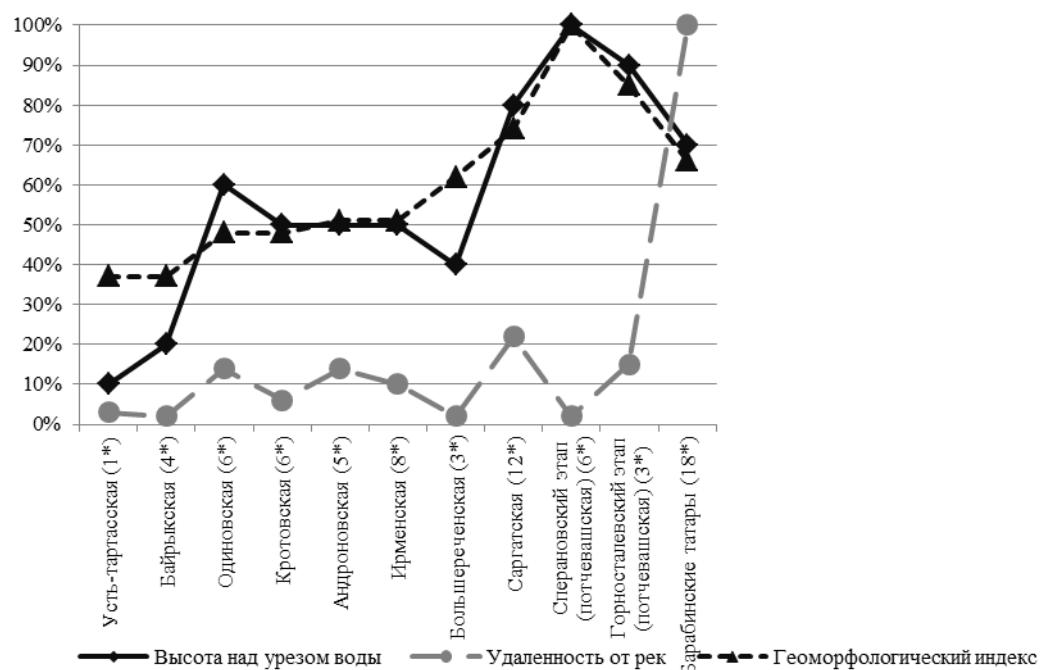


Рис. 3. Средние значения показателей, нормированные на максимум (по культурам); * общее количество поселений

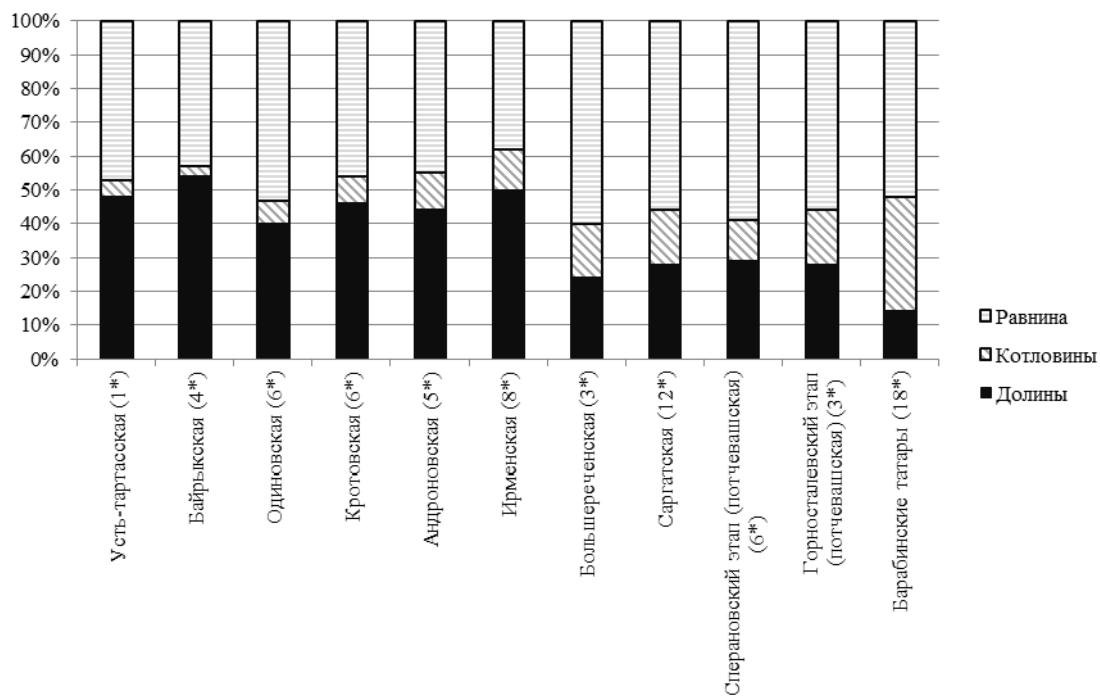
Рис. 4. Средние значения долей форм рельефа в границах потенциальной ресурсной зоны ($R=5$ км) (по культурам); * общее количество поселений

Таблица 2

Средние значения долей форм рельефа в границах потенциальной ресурсной зоны ($R=5$ км) (по культурам)

Культура	Форма рельефа		
	Равнина, %	Котловины, %	Долины, %
Усть-таргасская ¹	47	5	48
Байрыкская ¹	43	3	54
Одиновская ^{1,2}	53	7	40
Кротовская ^{1,2}	46	8	46
Андроновская ²	45	11	44
Ирменская ³	38	12	50
Большереченская ⁴	60	16	24
Саргатская ⁴	56	16	28
Сперановский этап почевашской ^{4,5}	59	12	29
Горносталевский этап почевашской ⁵	56	16	28
Барабинские татары ⁵	52	34	14

Примечание. 1 – ранняя бронза; 2 – развитая бронза; 3 – поздняя бронза; 4 – ранний железный век (РЖВ); 5 – средневековье.

Обсуждение и выводы. При анализе полученных данных становится очевидной общая динамика климатических изменений во второй половине голоценена в Барабе. Наиболее сухие условия существовали в ранней бронзе, когда население могло расселяться в гидроморфных ландшафтах на низких высотах относительно уреза воды ближайших рек. В конце ранней бронзы – развитой бронзе более влажная по сравнению с предыдущим этапом климатическая обстановка повлияла на геоморфологические предпочтения населения: расселение происходило на более автоморфных ландшафтах по сравнению с ранней бронзой. В поздней бронзе и раннем железном веке продолжалось нарастание увлажненности климата, а наиболее влажные условия существовали в раннем средневековье, после чего последовало снижение увлажненности.

Климатические изменения в определенной степени предопределяли территории доступные для расселения. Так, в наиболее сухих условиях население проживало вблизи рек; в границах потенциальной ресурсной зоны высока доля долин. Это связано с тем, что здесь существовали высокопродуктивные луга, которые использовались населением для охоты, собирательства, рыболовства и для скотоводства. На основной части Барабы в сухом климате существовала степная растительность [23]. С нарастанием увлажненности климата доля долин рек в границах потенциальной ресурсной зоны снижается; основную часть площади круга зоны занимают полого-волнистая равнина и котловины палеозер. Отмеченная тенденция связана с тем, что реки становились более полноводными, поэтому озеровидные приречные расширения и первая надпойменная терраса переходили в режим высокой или регулярно затапливаемой поймы. В таких условиях степные ландшафты полого-волнистой равнины трансформировались в луговые [23], что делало их пригодными для ведения хозяйственной деятельности.

Как было отмечено выше, наиболее ярко различия в соотношении форм рельефа для разных эпох и культур проявляются в буферных зонах радиусом 5 км. Отсутствие на протяжении всего изучаемого времени культуры, хозяйство носителей которых было ориентировано только на земледелие или на занятие кочевым скотоводством, также объясняет то, что потенциальные ресурсные зоны радиусами 1 и 10 км были менее значимы для населения.

Следует сопоставить результаты, полученные по геоморфологической приуроченности поселений с данными палинологического анализа голоценовых отложений Барабы. Согласно последним исследованиям, эпоха ранней бронзы характеризовалась сухим климатом [24]. После 5 400 калиброванных лет назад (калиб. л.н.) начинается увлажнение [25]. В целом на этапах развитой и поздней бронзы климат был сухим, но с постепенным увеличением влажности [24, 26]. В переходное от поздней бронзы к раннему железному веку время увлажнение продолжалось, после чего в раннем железном веке последовало усиление влажности. В средние века продолжалось увлажнение климата [24]. Начиная с 1000 калиб. л.н. происходит некоторое иссушение, а с 500 калиб. л.н. отмечается тренд к еще большей аридизации [27].

Таким образом, полученные при анализе геоморфологической приуроченности данные о трендовых климатических изменениях второй половины голоценена изучаемого региона согласуются с результатами палинологических исследований. Наиболее сухие условия существовали в ранней бронзе, после чего имели место климатические изменения в сторону увеличения влажности. Высокая увлажненность существовала в раннем железном веке и раннем средневековье. Начало снижения влажности приходится на развитое средневековье и усиливается в позднем средневековье.

При рассмотрении значений признаков для каждой культуры, наряду с общими трендовыми закономерностями, проявляются более детальные особенности, которые будут рассмотрены в будущих публикациях. Разнообразие значений признаков поселений разных культур отражает различия в хозяйственных укладах их носителей и климатических обстановках времени существования культур.

Заключение. Предложенная авторами методика выявляет закономерности пространственного расположения памятников в полупустынных, степных и лесостепных районах России и сопредельных территорий как на общем уровне (археологические эпохи), так в деталях (археологические культуры). Полученные данные расширили представления о локализации памятников фактически для каждой культуры эпох бронзы – средневековья и продемонстрировали зависимость расположения поселений от палеоклиматической обстановки и хозяйственной деятельности населения. Фактически для каждой археологиче-

ской культуры определен характерный набор признаков, который открывает новые перспективы для исследования. Становится возможным построение

прогнозных моделей, для выявления потенциальных областей обнаружения памятников тех или иных культур.

ЛИТЕРАТУРА

- Гарбузов Г.П. Археология ландшафта и геоинформатика: теоретические аспекты взаимоотношений // Археология и геоинформатика. М. : ИА РАН, 2007. Вып. 4. (CD-ROM).
- Leusen M. Viewshed and Cost Surface Analysis Using GIS (Cartographic Modelling in a Cell-Based GIS II) // New Techniques for Old Times. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA98). Oxford : Archaeopress, 1999. P. 215–224.
- Vita-Finzi C., Higgs E.S. Prehistoric Economy in the Mount Carmel Area of Palestine: Site Catchment Analysis // Proceedings of the Prehistoric Society. 1970. Vol. 36. P. 1–17.
- Wheatley D. Cumulative Viewshed Analysis: a GIS-based method for investigating intervisibility, and its archaeological application // Archaeology and GIS: A European Perspective. London : Routledge, 1995. P. 171–197.
- Афанасьев Г.Е., Савенко С.Н., Коробов Д.С. Древности Кисловодской котловины. М. : Научный мир, 2004. 240 с.
- Гарбузов Г.П. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование зондирование Земли в археологических исследованиях (на примере Таманского полуострова) : автореф. дис. ... канд. ист. наук. М., 2006. 25 с.
- Коробов Д.С. Система расселения алан Центрального Предкавказья в I тыс. н.э. (ландшафтная археология Кисловодской котловины) : дис. ... д-ра ист. наук. М., 2014. Т. 1. 610 с.
- Harris T.W., Lock G.R. Multi-dimensional GIS: exploratory approaches to spatial and temporal relationships within archaeological stratigraphy // Interfacing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA95). Leiden : University of Leiden, 1996. P. 307–316.
- Ruggles C.L.N., Medyckyj-Scott D.J., Gruffydd A. Multiple Viewshed Analysis Using GIS and its Archaeological Application: a Case Study in Northern Mull // Computing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA92). Aarhus : Aarhus University Press, 1993. P. 125–132.
- Архипов С.А., Вдовин В.Б., Мизеров Б.В., Николаев В.А. Западно-Сибирская равнина. М. : Наука, 1970. 280 с.
- Земцов А.А., Мизеров Б.В., Николаев В.А., Сухоровский В.Л., Белецкая Н.П., Гриценко А.Г., Пилькевич И.В., Синельников Д.А. Рельеф Западно-Сибирской равнины. М. : Наука, 1988. 192 с.
- Панадиади А.Д. Барабинская низменность. М. : Изд-во географической литературы, 1953. 232 с.
- Архипов С.А., Волкова В.С. Геологическая история, ландшафты и климат плейстоцена Западной Сибири. Новосибирск : ОИГМ СО РАН, 1994. 105 с
- Молодин В.И. Этнокультурная мозаика в западной Барабе (эпоха поздней бронзы – переходное время от эпохи бронзы к железному веку. XIV–VIII века до н.э.) // Археология, этнография и антропология Евразии. 2014. № 4. С. 54–63.
- Чупина Д.А., Зольников И.Д. Геоинформационное картографирование форм и типов рельефа на основе морфометрического анализа // Геодезия и картография. 2016. № 6. С. 35–43.
- Чупина Д.А. Автоматическое выделение форм и комплексов рельефа на основе морфометрического ГИС-анализа (на примере Венгеровского района Новосибирской области) // Геоморфология. 2014. № 3. С. 43–50.
- Jarman M.R., Bailey G.N., Jarman H.N. Early European Agriculture. Its Foundations and Development. Cambridge: University Press, 1982. 296 p.
- Кузьмин Я.В., Зольников И.Д., Новикова О.И., Глушкина Н.В., Чупина Д.А., Софейков О.В., Ануфриев Д.Е., Дементьев В.Н. Анализ пространственного распределения археологических памятников центральной части Барабинской лесостепи (Венгеровский район Новосибирской области) на основе ГИС-технологий // Вестник Новосиб. гос. ун-та. Серия: История, филология. 2013. Т. 12. Вып. 7: Археология и этнография. С. 87–96.
- Кузьмин Я.В., Софейков О.В., Зольников И.Д., Чупина Д.А., Новикова О.И., Никулина А.В., Ануфриев Д.Е. Адаптация древнего населения центральной части Барабинской лесостепи (Западная Сибирь) к природным условиям в голоцене: анализ на основе ГИС-технологий // Труды IV (XX) всероссийского археологического съезда в Казани. Казань, 2014. Т. 4. С. 320–323.
- Молодин В.И., Новиков А.В. Археологические памятники Венгеровского района Новосибирской области. Новосибирск : Изд-во НПЦ по сохранению историко-культурного наследия, 1998. 140 с.
- Молодин В.И., Новиков А.В. Археологические памятники Здвинского района Новосибирской области. Новосибирск : Изд-во НПЦ по сохранению историко-культурного наследия, 2000. 224 с.
- Молодин В.И., Соловьев А.И., Чемякина М.А., Сумин В.А., Ануфриев Д.Е., Евтеева Е.М., Князев А.О., Кравченко Е.В. Археологические памятники Чановского района Новосибирской области. Новосибирск : Изд-во НПЦ по сохранению историко-культурного наследия, ИАЭТ СО РАН, 2011. 258 с.
- Чупина Д.А., Никулина А.В., Картозия А.А. Влияние процессов иссушения/увлажнения на ландшафтные предпочтения человека на территории Барабы в голоцене // Пути эволюционной географии: Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора А.А. Величко. М., 2016. С. 739–744.
- Жилич С.В., Рудая Н.А., Кривоногов С.К. Природные условия обитания древнего человека в Барабинской лесостепи в эпоху бронзы // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Новосибирск : Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2014. Т. 20. С. 154–157.
- Krivenogov S.K., Takahara H., Yamamoto M., Preis Y.I., Khazina I.V., Khazin L.B., Kuzmin Y.V., Safonova I.Y., Ignatova N.V. Regional to Local Environmental Changes in Southern Western Siberia: Evidence from Biotic Records of Mid to Late Holocene Sediments of Lake Belye // Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2012. Vol. 331–332. P. 177–193.
- Жилич С.В., Рудая Н.А., Кривоногов С.К. Изменение растительности и климата в районе озера Малые Чаны в позднем голоцене // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2016. Т. 7, № 1. С. 68–75.
- Жилич С.В., Рудая Н.А., Назарова Л.Б., Палагушкина О.В., Кривоногов С.К. Изменения озера Чаны и окружающих ландшафтов во второй половине голоцена // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Новосибирск : Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2015. Т. 21. С. 232–236.

Статья представлена научной редакцией «История» 27 декабря 2017 г.

METHODOLOGY OF GIS-BASED SPATIAL ANALYSIS OF THE BRONZE AGE, THE EARLY IRON AGE AND THE MEDIEVAL SETTLEMENTS IN THE CENTRAL PART OF THE BARABA LOWLAND

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal, 2018, 428, 117–125.

DOI: 10.17223/15617793/428/16

Anastasia V. Nikulina, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: nikulina_a@igm.nsc.ru

Ivan D. Zolnikov, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation); Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: zol@igm.nsc.ru

Yaroslav V. Kuzmin, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: kuzmin_yv@igm.nsc.ru

Oleg V. Soveikov, Novosibirsk City Legal Agency (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: tontur@ngs.ru

Daria A. Chupina, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: chupina_da@igm.nsc.ru

Nadezhda V. Glushkova, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: hope@igm.nsc.ru

Denis V. Pchelnikov, Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: denmail@igm.nsc.ru

Keywords: GIS; landscape archaeology; Baraba Lowland; paleoclimatic conditions; Bronze Age; Early Iron Age; Medieval period; ancient economy; paleolandscapes.

The application of GIS-based technologies for spatial analysis of archaeological sites is presented within the landscape archaeology field. The methods developed are tested on the archaeological data of the Bronze Age: the medieval sites of the central Baraba Lowland. Due to the regional features, several standard procedures such as cost distance analysis, cumulative viewshed analysis, and kernel density were found to be ineffective. The main parameters used are localization of sites on certain landforms (river valleys, erosion remnants of watershed surfaces, places near the edge of watershed, hilly plain and ridges), absolute elevation and the degree of remoteness from the nearby river, and also the percentage of landforms (river valleys, paleolake depressions and hilly plain) within the potential resource circle with a radius of 5 km. As an additional criterion to compare the groups of the sites belonging to different epochs and archaeological cultures, the geomorphological index of moistening was used; it was calculated based on the geomorphic position of the sites. It is assumed that the higher the index, the wetter climate existed during the functioning of the site. It was found that the average values of parameters calculated for each epoch allow distinguishing only general trends. When analysis is performed on the level of culture (each epoch consists of several cultures), individual patterns for each culture can be observed. Cultures similar in terms of geomorphological characteristics are combined into groups; for the Bronze Age, they are the Ust-Tartas culture and the Bayryk type, the Odino, Krotovo and Irmens cultures. The Early Iron Age and Medieval cultures have more diverse parameters, and it is not easy to combine them into groups. For each archaeological culture, the exact set of characteristics was determined, this is why the results obtained allowed the authors to get new data on geomorphological localization of sites belong to different cultures. Besides this, the dependence of geomorphological position on paleoclimatic conditions and ancient economy was confirmed for the Baraba Lowland. The methods developed by the authors can be applied to forest steppe, steppe and semi-desert regions. The results generated form the basis for future investigations, including the creation of predictive models for mapping potentially perspective areas to search new sites and more precise cultural attribution of sites determined only to the epoch level today.

REFERENCES

1. Garbuzov, G.P. (2007) *Arkheologiya landshafta i geoinformatika: teoretycheskie aspekty vzaimootnosheniy* [Archeology of the landscape and geoinformatics: theoretical aspects of the relationship]. *Arkheologiya i geoinformatika*. 4. Moscow: IA RAS. (CD-ROM).
2. Leusen, M. (1999) Viewshed and Cost Surface Analysis Using GIS (Cartographic Modelling in a Cell-Based GIS II). In: Barceló, J.A., Briz, I. & Vila, A. (eds) *New Techniques for Old Times. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CA198)*. Oxford: Archaeopress. pp. 215–224.
3. Vita-Finzi, C. & Higgs, E.S. (1970) Prehistoric Economy in the Mount Carmel Area of Palestine: Site Catchment Analysis. *Proceedings of the Prehistoric Society*. 36. pp. 1–17.
4. Wheatley, D. (1995) Cumulative Viewshed Analysis: a GIS-based method for investigating intervisibility, and its archaeological application. In: Lock, G. & Stančić, Z. (eds) *Archaeology and GIS: A European Perspective*. London: Routledge. pp. 171–197.
5. Afanas'ev, G.E., Savenko, S.N. & Korobov, D.S. (2004) *Drevnosti Kislovodskoy kotloviny* [Antiquities of the Kislovodsk hollow]. Moscow: Nauchnyy mir.
6. Garbuzov, G.P. (2006) *Geoinformatsionnye sistemy i distantsionnoe zondirovanie Zemli v arkheologicheskikh issledovaniyakh (na primere Taman'skogo poluostrava)* [Geoinformation systems and remote Earth sounding in archaeological research (on the example of the Taman Peninsula)]. Abstract of History Cand. Diss. Moscow.
7. Korobov, D.S. (2014) *Sistema rasseleniya alan Tsentral'nogo Predkavkaz'ya v 1 tys. n.e. (landshaftnaya arkheologiya Kislovodskoy kotloviny)* [The system of settlement of the Alan of the Central Ciscaucasia in the 1st millennium AD (landscape archeology of the Kislovodsk hollow)]. History Dr. Diss. Vol. 1. Moscow.
8. Harris, T.W. & Lock, G.R. (1996) Multi-dimensional GIS: exploratory approaches to spatial and temporal relationships within archaeological stratigraphy. In: Kamermans, H. & Fennema, K. (eds) *Interfacing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CA195)*. Leiden: University of Leiden. pp. 307–316.
9. Ruggles, C.L.N., Medyckyj-Scott, D.J. & Gruffydd, A. (1993) Multiple Viewshed Analysis Using GIS and its Archaeological Application: a Case Study in Northern Mull. In: Andresen, J., Madsen, T. & Scollar, I. (eds) *Computing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CA192)*. Aarhus: Aarhus University Press. pp. 125–132.
10. Arkhipov, S.A., Vdovin, V.V., Mizerov, B.V. & Nikolaev, V.A. (1970) *Zapadno-Sibirskaya ravnina* [West Siberian Plain]. Moscow: Nauka.
11. Zemtsov, A.A. et al. (1988) *Rel'ef Zapadno-Sibirskoy ravniny* [Relief of the West Siberian Plain]. Moscow: Nauka.
12. Panadiadi, A.D. (1953) *Barabinskaya nizmennost'* [The Baraba Lowland]. Moscow: Izd-vo geograficheskoy literature.
13. Arkhipov, S.A. & Volkova, V.S. (1994) *Geologicheskaya istoriya, landshafty i klimat pleistotsena Zapadnoy Sibiri* [Geological history, landscapes and climate of the Pleistocene of Western Siberia]. Novosibirsk: OIGGM SO RAN.
14. Molodin, V.I. (2014) Ethnic and cultural mosaic in Western Baraba during the Late Bronze to Iron Age transition (14th–8th centuries BC). *Arkheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii – Archeology, Ethnography & Anthropology of Eurasia*. 4. pp. 54–63.
15. Chupina, D.A. & Zol'nikov, I.D. (2016) GIS-mapping of form and types of relief based on morphometric analysis. *Geodeziya i kartografiya*. 6. pp. 35–43. (In Russian). DOI: 10.22389/0016-7126-2016-912-6-35-43
16. Chupina, D.A. (2014) An automatic identification of landforms and their complexes based on GIS analysis of morphometric parameters (Vengerovsk area of Novosibirsk Region as an example). *Geomorfologiya – Geomorphology RAS*. 3. pp. 43–50. (In Russian). DOI: http://dx.doi.org/10.15356/0435-4281-2014-3-43-50
17. Jarman, M.R., Bailey, G.N. & Jarman, H.N. (1982) *Early European Agriculture. Its Foundations and Development*. Cambridge: Cambridge University Press.

18. Kuz'min, Ya.V. et al. (2013) Analiz prostranstvennogo raspredeleniya arkheologicheskikh pamyatnikov tsentral'noy chasti Barabinskoy lesostepi [Vengerovskiy rayon Novosibirskoy oblasti] na osnove GIS-tehnologiy [Analysis of the spatial distribution of archaeological monuments in the central part of the Baraba forest-steppe (Vengerovsk area of Novosibirsk Region) on the basis of GIS-technologies]. *Vestnik Novosib. gos. un-ta. Seriya: Istoryya, filologiya – Vestnik Novosibirsk State University. Series: History and Philology.* 12:7. pp. 87–96.
19. Kuz'min, Ya.V. et al. (2014) [Adaptation of the ancient population of the central part of the Baraba forest-steppe (Western Siberia) to the natural conditions in the Holocene: an analysis based on GIS-technologies]. Proceedings of the IV (XX) All-Russian Archaeological Congress in Kazan. Vol. 4. Kazan. pp. 320–323. (In Russian).
20. Molodin, V.I. & Novikov, A.V. (1998) *Arkheologicheskie pamyatniki Vengerovskogo rayona Novosibirskoy oblasti* [Archaeological monuments of Vengerovsk area of Novosibirsk Region]. Novosibirsk: Izd-vo NPTs po sokhraneniyu istoriko-kul'turnogo naslediya.
21. Molodin, V.I., Novikov, A.V. & Sofeykov, O.V. (2000) *Arkheologicheskie pamyatniki Zdvinskogo rayona Novosibirskoy oblasti* [Archaeological monuments of Zdvinsk area of Novosibirsk region]. Novosibirsk: Izd-vo NPTs po sokhraneniyu istoriko-kul'turnogo naslediya.
22. Molodin, V.I. et al. (2011) *Arkheologicheskie pamyatniki Chanovskogo rayona Novosibirskoy oblasti* [Archaeological monuments of Chanovsk area of Novosibirsk region]. Novosibirsk: Izd-vo NPTs po sokhraneniyu istoriko-kul'turnogo naslediya, IAET SO RAN.
23. Chupina, D.A., Nikulina, A.V. & Kartoziya, A.A. (2016) [Influence of drying/moistening processes on landscape preferences of a person in the territory of Baraba in the Holocene]. *Puti evolyutsionnoy geografiy* [Ways of Evolutionary Geography]. Proceedings of the All-Russian Scientific Conference dedicated to the memory of Professor A.A. Velichko. Moscow. pp. 739–744. (In Russian).
24. Zhilich, S.V., Rudaya, N.A. & Krivonogov, S.K. (2014) Prirodnye usloviya obitaniya drevnego cheloveka v Barabinskoy lesostepi v epokhu bronyz [Natural habitats of an ancient man in the Baraba forest-steppe in the Bronze Age]. In: *Problemy arkheologii, etnografii, antropologii Sibiri i sopredel'nykh territoriy* [Problems of Archeology, Ethnography, Anthropology of Siberia and Adjacent Territories]. Vol. 20. Novosibirsk: IAET SO RAN. pp. 154–157.
25. Krivonogov, S.K. et al. (2012) Regional to Local Environmental Changes in Southern Western Siberia: Evidence from Biotic Records of Mid to Late Holocene Sediments of Lake Belye. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.* 331–332. pp. 177–193. DOI: 10.1016/j.palaeo.2011.09.013
26. Zhilich, S.V., Rudaya, N.A. & Krivonogov, S.K. (2016) Late Holocene climate and vegetation changes around Lake Malye Chany. *Dinamika okrughayushchey sredy i global'nye izmeneniya klimata – Environmental Dynamics and Global Climate Change.* 7:1. pp. 68–75. (In Russian).
27. Zhilich, S.V. et al. (2015) Izmeneniya ozera Chany i okrughayushchikh landshaftov vo vtoroy polovine golotsena [Changes in Lake Chany and surrounding landscapes in the second half of the Holocene]. In: *Problemy arkheologii, etnografii, antropologii Sibiri i sopredel'nykh territoriy* [Problems of Archeology, Ethnography, Anthropology of Siberia and Adjacent Territories]. Vol. 21. Novosibirsk: Izd-vo IAET SO RAN. pp. 232–236.

Received: 27 December 2017