Отказ от датировки этапов дивергентного развития славянских языков вызван прежде всего сохраняющимися сомнениями в доказуемости постулата о постоянстве скорости, с которой меняется так называемый «базовый словарь». Однако это не единственная причина уклонения от абсолютной хронологизации процессов «распада». Метод Сводеша был подвергнут серьезной критике. Не повторяя многих замечаний в адрес глоттохронологии и не стремясь умножить ряды ее недоброжелателей (это было бы и несвоевременно и несправедливо по отношению к работам, которые породили целое лингвистическое направление, отчасти стимулировавшее и данное исследование), отметим здесь все же, что ее существенным недостатком является молчаливое допущение диалектной монолитности праязыка, т. е. фактическая опора на одностороннюю концепцию родословного древа при принятии во внимание только процессов дивергенции. Между тем представления о диалектной расчлененности в принципе любого языка, в том числе и реконструируемых праязыков, становятся уже почти банальностью, и никто не может поручиться за то, что и «базовый словарь», как его определил Сводеш, непременно с самого начала един для всех ком37 донентов (диалектов) праязыка, выделяющихся затем в самостоятельные лингвистические образования. Но даже если признать унитаристскую концепцию безальтернативной, уязвимость попыток датирования дивергенции этим не устраняется, поскольку в этом случае в упрек глоттохронологическим работам может быть поставлен неучет того обстоятельства, что «распад» праязыкового единства начинается, как это логично предположить, с низкочастотной и неустойчивой периферийной лексики и лишь какое-то время спустя затрагивает «базовый словарь». Следовательно, полученные оценки времени «распада» праязыка (или, что то же, возраста языков-потомков) неизбежно окажутся заниженными, причем неясно насколько.

К этому можно добавить, что, оперируя понятиями «праязык», «распад», «автономное развитие языков» и под., сторонники глоттохронологии мало интересуются реальным содержанием процессов дивергенции, отказываясь обсуждать сами критерии языковой самостоятельности. Отделяющиеся от языка-основы идиомы выступают в глоттохронологических работах некими бесплотными сущностями, языками «без свойств», если прибегнуть к парафразе известной формулы Р. Музиля. Это впечатление усиливается несколько гротескной формой представления результатов подсчета, принятой в глоттохронологии: начало дивергенции между чешским и венгерским языками приходится на 6 677 год до н. э. (плюс-минус 998 лет), а между русским и финским — на 6 274 год до н. э. (плюс-минус 944 года) [4]. Применительно к подобным выкладкам можно сказать, заостряя ситуацию, что специалисты по глоттохронологии не знают, что случилось, но достаточно уверенно судят о том, когда это произошло.

Мало ясности вносят и такого рода теоретические поправки: «Ни один язык не существует без диалектных различий внутри его. Но суть не в материальных различиях между диалектами. Совокупность диалектов остается единым языком при всех различиях между диалектами до тех пор, пока они эволюционируют согласованно. Наоборот, самостоятельные языки характеризует независимость изменения» [5, с. 17]. Этот привлекательный на первый взгляд структурно-эволюционный критерий разграничения языка и диалекта в действительности требует разрешения множества вопросов: в чем должна быть выражена эта согласованность? можно ли выявить «порог» несогласованности? одинаков ли будет он для разных в генетическом отношении «распадающихся» идиомов? Думается, что и в пределах славянского лингвоисторического пространства существует немало феноменов, не вписывающихся в эту жесткую и умозрительную схему, особенно если учесть, что проблема «диалект — язык» относится не только и даже не столько к сфере структурно-эволюционных контроверз, сколько, быть может, к компетенции социолингвистики и даже этнопсихологии (впрочем, по вполне понятным причинам интересы социолингвистики до праязыка не простираются \*). Характерно, что авторы приведенного выше высказывания о согласованности эволюции диалектов и независимости изменения языков десятью страницами спустя, не усматривая в том никакого противоречия, допускают возможность «параллельного развития языков после распада праславянского единства» [5, с. 27]. 1 Ср.: «...мы исходим из признания исторического характера таких безусловно соотносительных по своей природе понятий, как „язык" и „диалект", а также из принципиальной невозможности использования по отногаению к праязыковым состояниям социолингвистических критериев, единственно релевантных для языковой индентификации диалектов» [6]. 38

Ввиду отказа от датировок дивергенции и ограничения лишь задачей воссоздания картины родства наша работа оказывается по характеру гораздо ближе к попыткам количественной таксономии языков, предпринимаемых, например, А. Я. Шайкевичем [7].

Другое отличие нашей работы от исследований в рамках глоттохронологического направления состоит в критическом взгляде на возможность адекватного воссоздания картины генетической близости языков путем обращения к диагностическому списку в 100—200 слов (или, точнее, «смыслов»). Увеличение числа языковых единиц («признаков»), привлекаемых к статистическим подсчетам, у А. Я. Шайкевича («627 понятий из первых 14 разделов» известного словаря избранных синонимов основных индоевропейских языков К. Бака [8]) также не кажется нам достаточным, хотя полученная им схема [7, с. 335] отличается определенной убедительностью и дает автору возможность сделать некоторые интересные нетривиальные заключения (например, «о необходимости повысить ранг таксона „кельтские языки"» и о том, что «следует считать их надгруппой внутри индоевропейских языков», включающей в себя гаэльскую и бриттскую группы» [7, с. 334]) 2 .

Вряд ли кто будет спорить с тем, что для точности «измерения» языкового родства большие массивы лексики и особенно полный праязыковой словарь в его отражении современными языками лучше, чем любые выборочные диагностические перечни слов. Однако большинство исследуемых лингвистами родственных групп и семей языков такими массивами и словарями не обеспечено, так что глоттохронологический метод в предложенном М. Сводешем виде является вынужденным и в общем нескрываемым компромиссом.

С предельной строгостью картина языкового родства лексикостатистическими методами может быть воссоздана на основе квантитативного анализа все й праязыковой лексики, сохраняющейся в языках-потомках. Применительно к славянским языкам это означает, что подсчеты следует вести на базе приблизительно 20 тыс. лексем, входящих в реконструированный словарный состав праславянского языка, включая в него и праславянские диалектизмы (Ф. П. Филин [9] указывает ориентировочную цифру 22 000 лексем; оценки Т. Лер-Сплавинского, Ф. Копечного и др. в 1 700, 2 000, 9 000 единиц, ср. [10—13], могут считаться безнадежно устаревшими). Таким образом, объем материала, привлекаемого для статистического анализа, должен возрасти по сравнению со списком Сводеша на два порядка, что несравненно повысит надежность результатов. Для современных средств вычисления этот объем, разумеется, отнюдь не является чрезмерным. Вопрос состоит лишь в том, чтобы исследователь располагал подобным материалом.

Нужно заметить, что в схеме на с. 335 по недосмотру автора (или редактора) оказались не отраженными связи древнегреческого с латинским, литовского с дровнеисландекпм, старославянского с древнеанглийским, древневерхненемецким и нидерландским, по своей силе входящие в тот же интервал показателей генетической близости, что и отмеченные в схеме связи латинского с готским и древневерхненемецким, а также между языками бриттской группы с языками гаэльской группы и языков балтийской группы с языками славянской группы. Любопытно, что в парных связях этой мощности фигурируют прежде всего мертвые индоевропейские языки, включенные А. Я. Шайкевичем в схему,— древнегреческий, латинский, древнеирландский, готский, древневерхненемецкий, древнеанглийский, старославянский; группы современных индоевропейских языков связываются между собою относительно большей близостью друг к другу предшествующих языковых состояний: изящное проникновение диахронии в ахроническую схему родства.

Начавшаяся в середине 70-х годов публикация словарей, которые ставят своей задачей реконструкцию славянского праязыкового лексического фонда в его полном объеме («Этимологический словарь славянских языков. Праславянский лексический фонд» под ред. О. Н. Трубачева в Москве и «Slownik prasiowianski» под ред. Ф. Славского в Кракове) позволяет оценить родство славянских языков попарно не на крайне ограниченном материале «универсального» диагностического базового списка в 165 (см. [14]) — 215 — 200 — 100 понятий, а с опорой на реконструированный словарь праязыка in corpore в его проекции на унифицированно представленные континуанты — лексиконы современных славянских языков.

Использование этимологических словарей, ориентированных на предельно полный охват и статейное перечисление праязыковой лексики, сохраненной в современных языках, принципиально важно для работы подобного рода: оно позволит если не избежать полностью, то свести к минимуму опасность, от которой не гарантированы (более того — на которую почти обречены) подсчеты по методу Сводеша. Имеется в виду бессилие глоттохронологии в ее классическом варианте перед явлениями лексического взаимопроникновения в языках-потомках. Разумеется, и современный этимологический анализ не обеспечивает стопроцентной уверенности в том, что перед нами именно только унаследованная праязыковая лексика, а не следствие взаимовлияний эпохи «после распада». Однако, во-первых, нынешнее состояние славянской этимологии следует оценивать очень высоко, и в большинстве своем послепраязыковые лексические перемещения из языка в язык выявляются достаточно надежно. Во-вторых, при оперировании лексическими массивами в несколько тысяч единиц возможна (и статистически вполне корректна) элиминация сомнительных случаев, к каковой мы и будем прибегать при необходимости.

Как выявить численную меру языкового родства? Самый простой, на первый взгляд, способ определить относительную генетическую близость языков друг к другу на основании лексикостатистических данных — сопоставить число общих для данных двух языков лексем, восходящих к восстановленному праязыковому словарному фонду, с аналогичными цифрами, характеризующими другие пары родственных языков: можно предполагать, что идиомы А и Н, имеющие в своих словарях 1 000 общих для них праязыковых лексем, генетически менее близки, чем идиомы А и С, у которых число общих лексем, восходящих к праязыковой эпохе, допустим, 2 000.

Однако этот наиболее простой способ прямого сличения цифр одновременно наименее надежен и не пригоден для каких бы то ни было количественных сравнений лингвогенетической направленности. Он может работать только в том случае, когда все сравниваемые идиомы, находящиеся между собою в родстве, сохраняют по совершенно одинаковому числу единиц праязыкового лексического фонда. Такая ситуация крайне маловероятна для любых лингвистических общностей и существует как возможная лишь теоретически. Реально представленность праязыковой лексики в разных языках-потомках, естественно, различна: в верхнелужицком языке праславянских слов, по-видимому, всего около 5 000, тогда как в чешском или сербохорватском их не меньше 10 000, а в русском эта цифра, возможно, значительно превышает 12 000 лексических единиц. Понятно, что количество общих праславянских слов, сохраненных, скажем, польским и иолабским языками, заведомо должно быт ь меньшим, чем количество общих праславянских слов для польского и русского языков, поскольку объем доступного реконструкции праславянского пласта в по 40 лабской лексике примерно в десять раз меньше праславянского словника русского языка, чем бы это ни вызывалось — деградацией полабского языка или просто скудостью наших сведений о нем. Однако столь же понятно и то, что польский и полабский характеризуются более тесными генетическими связями, чем польский и русский.

Следовательно, прямое сопоставление абсолютных цифр, описывающих лексические связи праязыкового характера в языках-потомках попарно, дает искаженную картину генетической близости языков, причем это искажение тем значительнее, чем заметнее расхождения в цифрах, отражающих объемы унаследованной или сохраненной поздними языками праязыковой лексики.

Устранение упомянутых искажений не представляет большой сложности. Очевидно, что показательны в данном случае числа лексических совпадений праязыкового характера для разных пар языков не в абсолютном выражении, а в отношении к количеству праязыковых лексем, сохраненных каждым из сравниваемых языков вообще, т. е. к объемам праязыковых словников обоих языков: для славянских языков А и В количество общих праславянских слов должно быть отнесено к произведению числа всех праславянских слов, обнаруженных в языке А, и числа всех праславянских слов, выявленных в языке В (в знаменателе вместо абсолютного числа всех праславянских лексем в данном языке можно брать и его долевое выражение — отношение объема праславянского лексического пласта в данном языке к объему всего реконструируемого этимологическим анализом праязыкового словаря в целом; выбор того или другого регулируется только удобством масштаба численного выражения конечного результата).

Но и при таком подсчете полученная картина соотношений будет весьма далека от ожидаемой на основании интуитивных представлений. Причиной этому — неравноценность разных конкретных лексических корреспонденции между языками, во-первых, и различия в пропорциях между разнородными связями для разных пар языков, во-вторых.

Однако имеющиеся данные указывают на то, что сознание оказывает дифференцированный эффект на цели различного уровня. Так, цели с низким положением в иерархии более автоматичны и стереотипны, в то время как долгосрочные жизненные цели высокого порядка, как правило, подвергаются большему осмыслению. Но отсюда не следует, что все цели и стремления в нашей жизни прошли этап осознания или волевого принятия решения.

Под этим поверхностным пластом лежит еще один, более глубокий.

Формальное присутствие в какой-либо момент времени той или иной цели в сознании еще не гарантирует того, что она рациональна исоответствует нашим истинным потребностям и мотивам. Об этом свидетельствуют данные ряда

исследований [Hofree, Winkielman 2012; Kuhl, Kazen, 1994; Kuhl, 2000], обобщенные результатыкоторых звучат следующим образом: зачастую люди не отдают себе отчета в том, что лежит в основе их чувств, эмоций и желаний, в связи с этим принятие «осознанного» решения основывается на своего рода искаженной информации о самом себе, и этот недостаток самоосознания нередко приводит, например, к классической ситуации – почему, зная как поступать себе во благо, человек продолжает поступать себе во вред. Также весьма показательной является распространенная ситуация, при которой цель, к которой человек стремится, считая ее «своей», в действительности является заимствованным извне интроектом, который, формально являясь осознанным, тем не менее остается «непереваренным» и чуждым собственной системе ценностей и мотивов.

Основываясь на модели двух систем, Шелдон провел ряд эмпирических исследований направленных на выявление дифференциальных характеристик целей в зависимости от степени близости цели глубинным мотивам и ценностям личности. Те цели, которые берут свое начало в глубинном «ядре» личности, по определению связаны с базовой мотивацией и обслуживаются «Системой 1». Шелдон назвал их конкордантными (соответствующими глубинному Я), а их достижение сопровождается ростом психологического благополучия и другими позитивными эффектами. Те цели, которые исходят из поверхностного слоя личности и не имеют связей с ее «ядром», обусловлены работой «Системы 2». Их успешное достижение не приносит человеку психологической выгоды в терминах психологического развития и благополучия. Более того, по мнению Шелдона, именно конкордантные цели являются естественным механизмом развития личности, обусловливающим ее переход на новый эволюционный уровень.

Шелдон указывает несколько возможных вариантов осмысления модели «глубинной» личности. Первый возможный путь исходит из теории МакАдамса [McAdams, 1996], в соответствии с которой структура личности состоит из трех уровней: личностных черт, уровня целей и уровня жизненных нарративов. Достижение целей, которое опирается на использование личностных ресурсов, в психологическом смысле более благоприятно, нежели достижение целей, которые опираются на внешние источники. Однако Шелдон отмечает [Sheldon, 2004], что благоприятной является опора только на позитивные личностные черты и стороны, в то время как достижение целей, обслуживаемых, например, невротическими сторонами личности и различными психологическим и защитами, является психологически пагубными.

В качестве инструмента для эмпирической оценки уровня соответствия цели внутренним потребностям использовалась универсальная техника для оценки качества мотивации, разработанная ранее в СДТ. Она основывается на оценке поведения субъекта в широком спектре сфер деятельности(в учебе, работе, спорте и пр.) с точки зрения меры ее интернализации [Ryan, Connell, 1989].Методика оценки «воспринимаемого локуса причинности» (ВЛП) (Perceived locus of causality, PLOC)отражает степень, в которой человек воспринимает свое собственное поведение как побуждаемое внутренними факторами (интересом, личностной ценностью) или внешними факторами (требования окружающих людей). В случае с внутренней мотивацией поведение считается автономным или самодетерминированным, а в случае с внешней – контролируемым. Все типы мотивации располагаются на континууме между контролируемой мотивацией (собственно внешней мотивацией и интроецированной мотивацией) и автономной (идентифицированной и внутренней мотивацией)(см. подробнее [Гордеева, 2006]).

Исследования, основанные на методологии ВЛП, показали, что вне зависимости от того, существует свободная воля или нет, ощущение того, что причиной поведения является свободное волевоерешение, крайне благоприятно для психологического здоровья человека. Так, Шелдоном и Кассеромбыло показано [Sheldon, Kasser, 1995; Sheldon, 1995], что даже те цели, которые самостоятельно формулируются испытуемыми на листе бумаги (а не задаются экспериментатором в форме закрытого вопроса), нередко оцениваются ими самими как внешне мотивированные. Одной из причин, по которой некоторые люди ставят перед собой цели, которые воспринимаются ими как внешние и отчужденные, может быть меньшая открытость собственному опыту и большая опора на внешние признаки. Такие люди чаще испытывают конфликт между своими социальными ролями. Шелдон формулирует тезис о том, что низкий уровень автономии личностных целей индивида обусловливается неудовлетворительным уровнем связей между сознательным и глубинным уровнями личности; последний представлен истинными интересами и желаниями, интенциями к развитию и росту.

Дальнейшие исследования [Sheldon, Elliot, 1998; Sheldon, Kasser, 1998] показали, что неконкордантные цели характеризуются таким же уровнем первоначальных усилий, что и конкордантные, однако их побудительная сила значимо снижается уже спустя шесть недель после их постановки. Люди, преследующие неконкордантные цели, обладают сознательной установкой на усилия в направлении этих целей, однако на подсознательном уровне они испытывают постоянное напряжение и борьбу, как будто они двигаются в нежелательном направлении. Нашел также эмпирическое подтверждение тот факт, что эффективность достижения неконкордантных целей студентами в течение семестра ниже, чем конкордантных [Sheldon, Elliot, 1999; Sheldon, Houser-Marko, 2001]. В соответствии с гипотезой, неконкордантные цели достигаются реже, но даже в случае их успешного достижения человек не испытывает сопутствующих положительных эмоций, в то время как успешное достижение конкордантных целей сопровождается фиксируемым ростом психологического благополучия.

Основаниями для выбора ВЛП в качестве адекватной меры конкордантности цели служат классические работы по развитию эго [Rogers, 1961; 1964], согласно которым сознательные установкии взгляды человека могут быть неадекватны в силу неточности «Я-концепции» или неверной атрибуции ситуации. Эти предпосылки приводят к постановке неоптимальных целей. Шелдонсчитает, что наличие этой внутренней амбивалентности и противоречивости соответствует конструкту контролируемой мотивации в СДТ. Таким образом, неконкордантная личность ощущает внешний контроль в отношении своих собственных целей, находящихся в состоянии внутреннегопротиворечия со всей системой внутренних потребностей [Kuhl, 2000; Kahneman, 2011; Hofmann,Wilson, 2010]. Таким образом, внутренний ВЛП является индикатором того, что цель соотнесена с внутренней системой мотивов. Серия исследований, подтверждающих эту гипотезу, была построена на постановке перед испытуемыми различных типов целей с предварительной диагностикой их мотивации. Цель была более конкордантна в тех случаях, когда тип цели, например цели «общения» или цели «достижения» [Sheldon, Cooper, 2008], соответствовал типу ведущей мотивации. Шелдон и Шулер [Sheldon, Schuler, 2011] показали, что студенты, которым случайным образом были поставлены цели аффилиации или цели достижения, обнаружили значимо больший уровень конкордантности в случае, если студенту с высоким уровнем выраженности потребности в достижении доставалась цель «достижения», и т.д. Сходные результаты были получены в экспериментах, в которых использовалась не прямая, а имплицитная оценка ведущей мотивации. Чтобы получить основания утверждать, что конкордантность цели является показателем связи цели с бессознательной мотивацией, в исследованиях Шелдона и его коллег [Sheldon et al., 2007] использовались проективные методики «Тематический апперцептивный тест» (TAT), «Имплицитный ассоциативный тест» (IAT), а также методика «Picture-Story Exercise».

Согласно другой гипотезе Шелдона, конкордантность цели является предиктором более длительных иинтенсивных усилий по ее достижению [Sheldon, Elliott, 1998, 1999]. Еще одной линией исследований, подтверждающих данный тезис, являются исследования Голвитцера [Gollwitzer, 1999],посвященные намерениям по реализации цели (implementation intentions). Многочисленные исследования показали, что планирование оказывает сильное позитивное влияние на достижение цели, однако наиболее сильный эффект был выявлен для конкордантных целей, а для неконкордантных целей в ряде случаев эффект отсутствовал вовсе. Лонгитюдное исследование Шелдона, Кассера и их коллег [Sheldon et al., 2002] было построено следующим образом: экспериментальная группа студентов работала с коучем, в результате чего они получали проработанный план по достижению своих целей, в то время как контрольная – нет. Однако повышение эффективности в достижении личных целей наблюдалось только у тех студентов, работавших с коучем, чьи цели были конкордантны. Выводом этой серии экспериментов можно считать тезис о том, что планирование цели повышает уровень эффективности ее достижения толькопри стабильном уровне мотивации.

Исследования в сфере спорта [Bailis, Segall, 2004] также показали, что конкордантные цели являются предикторами более устойчивой мотивации (так, люди с конкордантными целями значимо чаще продолжали посещение тренажерного зала спустя два года после начала занятий). Возникновение данного эффекта может объясняться тем, что конкордантные участники исследования имели вкачестве ведущей мотивации поддержание здоровья, а неконкордантные – стремление привлекательно выглядеть в глазах окружающих. Последнее также способствовало более выраженному сравнению себя с другими, что, в свою очередь, негативно влияло на их мотивацию. Дальнейшие исследования показали [Bailis et al., 2005], что конкордантные индивиды чаще выражают свое отношение к физической активности вопросом: «как я могу максимизировать свои спортивныепоказатели?», в то время как для неконкордантных участников более распространенным был вопрос: «как другие могут помочь мне поддержать мою мотивацию к занятиям спортом?». Дальнейшее подтверждение гипотеза о том, что конкордантность цели является предиктором более длительных усилий по достижению цели, нашла в работах Шелдона и Любомирски [Sheldon, Lyubomirsky, 2006].Ими было показано, что конкордантная мотивация является предиктором устойчивого повышения уровня субъективного благополучия в силу того, что конкордантные индивиды оставались вовлечены в активность дольше неконкордантных. К аналогичным выводам пришел Дикерхоф [Dickerhoof,2007], показавший, что выражение благодарности и оптимизм более эффективны для повышения счастья, когда мотивация конкордантна.

Результаты этих исследований убедительно демонстрируют адекватность применения конструкта конкордантная цель в качестве предиктора эффективного достижения поставленной цели, а также в качестве фактора, влияющего на рост субъективного благополучия в процессе движения к цели и ее достижения. Отметим при этом, что теоретическое обоснование этого феномена имеет параллели и аналогии с исследованиями мотивации и целеполагания в других подходах. Например, Брунстайн сколлегами [Brunstein et al., 1998] ввел такую переменную, как конгруэнтность цели и мотива. Конгруэнтность понимается практически так же как и конкордантность, за исключением того, что конгруэнтная цель может соответствовать ведущей мотивации, отличной от трех универсальных базовых потребностей СДТ. Достижение конгруэнтных целей также приводит к большему психологическому благополучию и позитивным эмоциям, что подтверждается многочисленными эмпирическими исследованиями. Наконец, следует упомянуть понятие личностного смысла А.Н.Леонтьева [Леонтьев, 2000] (см. также [Леонтьев, 1999]), которое характеризует как раз характер связи между целью и мотивом и может рассматриваться как объяснение феномена конкордантности целей; рассмотрение этой параллели, однако, выходит за рамки данной статьи.

Передача данных в центрах обработки данных

и глобальных сетях преимущественно основана

на оптических методах, в то время как хранение и

обработка данных в основном осуществляются в

электронном виде. По этой причине требуются

оптоэлектронные системы (межсоединения во-

локно-чип, чип-чип, оптические системы на чипе и т.д.)

способные снизить потери при преобразовании,

передаче и обработке сигналов, а также

увеличить общую скорость работы. Параллельно

с этим квантовые технологии постепенно завоевывают

свое место в вычислительных системах.

Способные решить задачи, которые не под силу

классическим компьютерам, квантовые системы

требуют особых технологических решений для сопряжения

квантовых и оптоэлектронных систем.

Разнообразные фотонные системы активно используются

в различных приложениях, но их конструкции

являются двумерными из-за ограничений

литографических техник. В работе продемонстрированы

потенциальные возможности метода

прямого лазерного письма (direct laser writing –

DLW) для решения подобных задач на примере со-

здания трехмерных полимерных световодов на

полупроводниковом фотонном чипе. Лазерные

методы прямого письма особенно привлекательны

для изготовления трехмерных микроструктур.

Среди методов трехмерной печати прямым ла-

зерным письмом, двухфотонная полимеризация

(two-photon polymerization – TPP) обладает уникальным

набором характеристик. Во-первых, по-

скольку пространственное ограничение полимеризации

является неотъемлемым свойством TPP,

в изготовлении трехмерных микроструктур отсутствуют

топологические ограничения. Во-вторых,

размеры элементов, ограниченные субдифракцией,

могут варьироваться изменением ин-

тенсивности лазера. В-третьих, дополнительные

компоненты структур могут быть легко созданы

без использования вытравливаемых слоев. И, наконец,

полимерные материалы, могут быть использованы

в качестве химического инструмента

для изготовления структур с регулируемыми физическими

и химическими свойствами, такими как

твердость, усадка, показатель преломления и хи-

мическая активность. Благодаря своим преимуществам,

процесс TPP быстро превратился из новинки

в области микро- и нанообработки в полезный

инструмент для создания уникальных структур и

устройств.

Лазерные методы прямого письма особенно

привлекательны для изготовления трехмерных

микроструктур [6]. В зависимости от длины волны

лазерного излучения и от того, является ли

оно непрерывным или импульсным, возбуждаются

различные физические и химические процессы,

которые лежат в основе создания и обработки

практически любых материалов. Кроме того,

продолжающееся технологическое развитие

лазеров делает эти источники света более надежными,

менее дорогими и более простыми в эксплуатации,

тем самым снижая барьеры их использования

в научных и прикладных целях.

Первые работы в области фотополимеризации,

индуцированной нелинейно-оптическим процессом

(многофотонное поглощение), предполагали,

что число фотонов, участвующих в возбуждении

фотоинициаторов, равнялось двум. Основываясь

же на большом количестве экспериментальных

данных, теперь очевидно, что количество поглощенных

фотонов может составлять два и более в

зависимости от условий лазерного возбуждения и

типа фотоинициатора. Первая трехмерная диэлектрическая

микроструктура, изготовленная TPP,

представлена в статье Ленцера и его коллег [7].

Эта статья в некотором смысле отмечает начало

области исследований TPP в том виде, в каком

она существует сейчас.

Первый прибор, реализующий метод прямого

лазерного письма с использованием двухфотонной

полимеризации, был представлен в 1996 г.

[9, 10]. В качестве резиста был использована УФ-

фоточувствительная смола, прозрачная для падающего

ИК света (770 нм). Падающее лазерное из-

лучение не поглощалось вне области фокусировки (вокселя)

в объеме смолы, т.е. не происходила

полимеризация нежелательных областей. Современные

[11, 12] литографические системы, реализующие

такой метод печати, имеют схожее с первым

таким прибором устройство: под управлением

компьютера излучение ИК лазера фокусируется в

объеме резиста на подложке, которая в свою очередь

установлена на двухкоординатный столик с

пьезопозиционером (рис. 1). Использование принципа

двухфотонной полимеризации приводит к

значительному улучшению разрешения: двухфотонное

поглощение требует, чтобы сумма энергий

двух фотонов соответствовала энергии перехода

между основным и возбужденным состояниями

фотоинициатора, который в свою очередь запускает

процесс полимеризации. Вероятность такого

перехода имеет квадратичную зависимость от интенсивности

излучения, которое в свою очередь

локально ограничено в фокальном объеме (вокселе),

что позволяет получать полимеризованные

объемные элементы с субмикронным разрешением

(от 100 нм в латеральном направлении и от

300 нм в аксиальном). Управляя движением области

фокусировки лазерного излучения, можно генерировать

полимерные 3D структуры произвольного объема и геометрий.

До сих пор предполагалось, что профиль и

форма волновода не изменяются вдоль направления

распространения света. Для трехмерных

волноводных структур это не верно. В переходе

между полимерным и полосковым волноводами

форма волновода значительно изменяется. Для

длительного “возмущения”, изменяющегося мед-

ленно вдоль оси распространения света, моды невозмущенных

волноводов являются локально хорошими

приближениями к решениям возмущенного

волновода. Эти решения называются локальными

модами. Для того чтобы свет оставался в первоначально

возбужденной моде волновода, который

меняет свою форму вдоль направления распространения,

наиболее очевидным способом было

бы уменьшение количества управляемых мод, в

идеале до одной. В свою очередь потери мощности

от первоначально возбужденной моды можно

уменьшить с увеличением адиабатичности

изменения профиля показателя преломления.

Иными словами, конец волновода перед переходом

2D–3D со стороны полоскового волновода

должен быть сужающимся с высоким соотношением

сторон. Это достигалось плавным сужением

ширины планарного полоскового волновода в

месте сопряжения с полимерным волноводом

вплоть до ширины 100 нм.

Таким образом, для заданного периода решетки

Λ, угла падения γвх, длины волны λ и порядка

m Брэгга через решетку может возбуждаться только

волноводная мода с эффективным индексом,

удовлетворяющим условию Брэгга. Как можно

видеть из уравнения (2), изменение периода решетки

Λ сдвигает длину волны λ максимума пропускания.

В нашем случае максимум пропускания

был настроен на длину волны 1550 нм.

Для измерений и оценки качества пропускания

через трехмерный волновод, необходимы относительные

измерения, т.е. сравнение исследуемого

сигнала с опорным. Для этой цели входной

сигнал должен был быть поровну поделен для

двух частей нанофотонной цепи. Это достигалось

с помощью Y делителей излучения (рис. 2), которые

обеспечивают хорошую эффективность деления

и высокую воспроизводимость при изготовлении.

Параметры Y делителей были подобраны

исходя из уже отработанной и оптимизированной

технологии создания таких устройств, морфология

контролировалась с помощью атомно-силовой микроскопии,

а коэффициент деления мощности излучения пополам проверялся

на тестовых структурах.

Таким образом, планарные компоненты фотонного

чипа позволяют завести лазерное излучение с

телекоммуникационной длиной волны с помощью

обычного оптоволокна, разделить излучение на две

равные части и обеспечить вытеснение электромагнитного

излучения из полоскового волновода за

счет его сужения. Для оптимизации процесса эффективного

преобразования излучения из планарного волновода

при переходе в трехмерный полимерный волновод,

потребовалось провести численное моделирование

распространения излучения в подобных гибридных

оптических коннекторах.

Для передачи света с малыми потерями через

3D волновод от одного полоскового волновода к

другому необходима оптимизация геометрии и

структуры переходов 2D–3D и самого полимерного

волновода. Ключевым элементом сопряжения

является переход полосковый-полимерный

(2D–3D) волноводы. Для эффективного соединения

полосковых волноводов с трехмерным оптическим

волноводом, вносимые потери при переходе

между волноводами должны быть достаточно низкими.

Эти потери вызваны двумя эффектами: рассеивание света

на шероховатых изогнутых гранях

трехмерного волновода и несоответствие профилей

мод в полосковом и трехмерном волноводах. Для

улучшения модального согласования, полосковый

волновод адиабатически сужается в переходной области.

Оптимальные геометрические пара-

метры для переходной части 3D волновода были

найдены с помощью численного решения дифференциальных

уравнений в пакете моделирования COMSOL Multiphysics.

При моделировании использовалась дисперсионная кривая

показателя преломления полимера IP-dip, полученная

экстраполяцией по формуле Коши с учетом значений

для видимой области из статьи [15]. По результатам

моделирования было показано, что сечение волновода

должно быть квадратным с длиной

стороны 3 мкм, а также что полимерный волновод

должен полностью охватывать всю адиабатически

сужающуюся область полоскового волновода. Эти

параметры позволяют переносить свет с минимальными

потерями для излучения с длиной волны

1550 нм. Соответствующее распределение амплитуды

электрического поля в поперечном сечении

полимерного волновода вблизи конца планарного

волновода представлено на рис. 3а.

Морфология наноразмерных оптических коннекторов

и точность совмещения планарных волноводов

и трехмерных волноводов контролировалась

с помощью растровой электронной микроскопии (рис. 3б).

Для измерений прохождения света через наноразмерные

оптические коннекторы использовался

непрерывный перестраиваемый в спектральном

диапазоне 1510–1620 нм лазер. Схема измерений

была оснащена механическим поляризационным

манипулятором для согласования поляризации

падающего из волокна излучения с модой планарного

волокна. Зонд содержит волоконный массив,

состоящий из восьми одномодовых волокон с

фиксированным расстоянием в 250 мкм. Волокна

выровнены на один уровень и наклонены к поверхности

фотонного чипа на угол 8°. Держатель

чипа и зонд установлены на столике с пьезоприводами

под компьютерным управлением – таким

образом, можно точно контролировать высоту и

положение зонда относительно поверхности чипа.

После прохождения через чип, свет снова попадает через

дифракционный соединитель в волокно и детектируется

малошумящим фотодетектором.

Продемонстрированы возможности метода

прямого лазерного письма двухфотонной полимеризацией

для решения задач создания оптически

совместимых систем на примере 3D полимерных волноводов,

напечатанных на фотонном чипе.

Свобода дизайна, предлагаемая данным методом,

была использована для изготовления 3D полимер-

ных оптических компонентов, которые не могут

быть легко реализованы стандартными литографическими

методиками. Осуществлена оптимизация структуры и фор-

мы волноводов, а также переходов между полосковым

волноводом из нитрида кремния и трехмерным

полимерным волноводом. Методом тестовой

печати полимерных структур на кремниевой подложке

был осуществлен подбор оптимальных параметров печати,

обеспечивающих достаточную механическую устойчивость,

прочность структуры, а также гладкость поверхности волноводов.

В целом была проведена работа по поиску оптимальных

параметров, которые позволяют снизить потери

излучения на полимерном волноводе (включая

его переходы с полосковыми).

Ареал и его пространственно-временная неоднородность

является фундаментальной экологической

и эволюционной характеристикой вида

(Gaston, 2003). Вопрос где, как и почему обитает

вид, поднимался исследователями со времен

Гумбольдта, Дарвина и Уоллеса и является основным

в биогеографии; в ремесленной сфере этот

вопрос актуален со времен первобытных охотников

и собирателей. Как бы ни был хорошо знаком

исследователь с экологическими предпочтениями

вида, с разнообразием и распределением природных

ландшафтов, в которых этот вид обитает,

внутреннее представление человека о деталях

распространения организмов является моделью,

зависящей от множества параметров, среди которых

есть и информация о местах встреч вида, и

пространственная гетерогенность среды. Оптимальным

способом отображения такой модели

была и остается карта, которая может совмещать

в себе все типы информации, упомянутые выше.

При чтении карты у читающего формируется индивидуальная

гипотеза о распространении вида.

При дискретном (точечном) способе отображения

ареала, как бы подробно не была нанесена

информация на карту, ее читатель волен самостоятельно

экстраполировать распространение вида

на “незаполненную” территорию, и он делает

это в соответствии с уровнем своего знания географии

и экологии вида. При непрерывной

структурированной заливке ареала, отражающей

авторскую модель, наглядность информации

в значительной степени снижает произвольность

трактовок деталей распространения.

Попытки создания непрерывных карт распространения,

отражающих структуру ареалов видов,

предпринимались неоднократно на протяжении

XX в. (Тупикова, Комарова, 1979). В рамках этого

направления была произведена попытка связать

экологические предпочтения животных с ланд-

шафтной структурой земной поверхности (Кучерук,

1959; Афанасьев, 1960; Кулик, 1972; Чельцов-Бе-

бутов, 1976; Максимов, 1980; Матюшкин, 1982).

Однако настоящий прорыв в решении этой проблемы

произошел позже с развитием геоинформационных

технологий и появлением возможности анализа

ареалов на основе непрерывных

растровых географических данных (о растровых

данных см. Дубинин, Костикова, 2008), получаемых

в первую очередь при помощи спутниковой съемки.

Понимание ареала как географической проекции

экологической ниши Хатчинсона

(Hutchinson, 1957), другими словами, функции,

зависимой от факторов среды, определило формирование

направления экологического моделирования ареалов

(species distribution modeling, environmental

niche modeling, habitat suitability modeling).

Экологическое моделирование ареалов построено

на изучении значений факторов среды в

местах регистрации живых организмов и сравнении

их со значениями тех же факторов среды по

всей изучаемой территории с помощью различных

статистических методов (подробнее в разделе

“Алгоритмы и программная реализация”). Производится

интерполяция возможности обитания

вида на участки изучаемой территории, где

условия существования близки к тем районам, где вид

уже зарегистрирован. Это направление, находя-

щееся на стыке биогеографии, экологии и геоинформатики,

в настоящее время бурно развивается,

причем число публикаций быстро растет с начала

2000-х годов (Araújo et al., 2019). Объем научных

работ, выполненных в рамках данного подхода,

иллюстрируют результаты запросов на ресурсе

Google Академия (https://scholar.google.ru/).

В апреле 2019 г. запрос “Species distribution modeling”

выдавал более 3.5 млн результатов. Опубликовано

несколько учебных пособий по этому вопросу

(Титар, 2011; Peterson et al., 2011; Franklin, 2013;

Guisan et al., 2017).

К сожалению, в русскоязычной научной литературе

экологическое моделирование ареалов используется

незаслуженно редко (Голощапова,

Прокофьев, 2013; Борисова, Старков, 2015; Тупиков,

Украинский, 2016; Васильева и др., 2017; Доронин

и др., 2018; Рожнов и др., 2018; Дуйсебаева

и др., 2019). В этом цикле обзорных статей мы постараемся

осветить накопленный к настоящему

моменту международный опыт экологического

моделирования и ответить на ряд первостепенных

вопросов о теоретических и методических

ограничениях подхода, а также о возможностях

интерпретации моделей ареалов.

1. Пространственная неравномерность сбора ТР.

Активность исследователей обычно неравномерно

распределена в пространстве. Большая часть

наблюдений оказывается сконцентрированной

вокруг объектов инфраструктуры, на территориях

с большей плотностью населения; существуют

сгущения данных вблизи биостанций и привлекательных

для исследователей (по разным причинам)

природных объектов. Таким образом, наборы

данных о распространении видов имеют внутреннюю

структуру, не связанную с реальными

закономерностями в природе. Кроме того, не вся

существующая экологическая амплитуда вида

может быть одинаково насыщена ТР. Например,

даже на территориях, где биоразнообразие наиболее

полно документировано, реальные амплитуды

абсолютной высоты крайне неравномерно

охвачены ТР (Daru et al., 2018).

2. Временная динамика ареалов. Динамика ареалов

во времени приводит к тому, что в анализ

могут быть включены сведения, потерявшие актуальность.

Вид мог некогда обитать на определенной территории,

быть задокументирован коллекционными образцами,

однако в настоящее время это местообитание стало непригодным для

его обитания либо было оставлено по иным причинам.

3. Регистрация вне пригодных биотопов. Вид

может быть отмечен на территории, где он ока-

зался в результате случайного заноса или во время

миграции, в то время как условия среды в этом

месте непригодны для его жизнедеятельности.

Например, значительная часть ТР черного дятла

(Dryocopus martius) приурочена к безлесным про-

странствам (крупным вырубкам, полям), где он

регистрируется наблюдателями во время перемещения

из одного участка леса в другой.

Наборы данных по видам со сходными ареалами

также могут заметно различаться благодаря

психологическим особенностям коллекторов.

Разные жизненные формы неравномерно представлены

в коллекциях (Daru et al., 2018), а некоторые

красивые или интересные по мнению исследователей

виды собирают чаще. Например, в

Гербарии МГУ хранится 8960 образцов мятлика

лугового (Poa pratensis), однако такой распространенный

вид деревьев, как сосна (Pinus sylvestris),

представлен 660 образцами.

Существуют три основных способа сбора данных

о распространении видов (Guillera-Arroita et al.,

2015), которые требуют использования различных

алгоритмов моделирования:

1. Использование в анализе только ТР соответствует

наиболее распространенному и традиционному

способу сбора данных. При таком способе анализа

(он называется “presence only” или

“presence/background”, анализ присутствия) можно

использовать данные зоологических коллекций и

гербариев, публикации с описанием мест регистрации

видов. Недостающий материал можно

собрать при помощи однократной GPS-регистрации

в полевых условиях.

2. Отдельный сбор ТР и координат отсутствия

видов. Такой вариант называется анализом

присутствия/отсутствия видов (“presence/absence”).

Необходимо отметить, что возможность сбора

корректной информации об отсутствии биологического

вида на какой-либо территории дискуссионна.

Если не обсуждать сбор банальной информации

об отсутствии морских видов на суше

или реофильных в озерах (для описания распространения

в таких общих чертах не требуется моделирование), то менее

очевидные случаи окажутся сопряженными с большим количеством

условий. Варианты, при которых информация об

отсутствии видов может оказаться ложной, разобраны выше.

Используя точки, входящие в потенциальный ареал вида,

но не заселенные на момент сбора информации,

в качестве точек “отсутствия”, мы закономерно искажаем модель в

сторону снижения результирующих оценок.

Кроме ТР для экологического моделирования

необходимы непрерывные растровые географические

данные, описывающие пространственную

изменчивость параметров среды – предикторы,

на основании которых будет проводиться экстраполяция

распространения видов. Выбор предикторов

зависит от задач и масштаба исследования,

известных закономерностей взаимодействия организмов

со средой. Вынужденно выбор также

определяется наличием доступной для анализа

информации.

Очевидно, что для изучения каждого вида

нужно использовать те факторы, которые явно

или потенциально влияют на его распространение.

Набор включенных в анализ предикторов

определяет число измерений многомерной экологической

ниши, которая отличается у разных

видов. Однако набор факторов, непосредственно

влияющих на физиологию вида или доступность

ресурсов (Austin, 2002), не всегда заранее известен.

Поэтому могут быть использованы и косвенные факторы,

имеющие связь с потенциально

важными прямыми факторами.

Существует две стратегии выбора предикторов

(Guisan et al., 2017): 1) выбрать небольшое число

предикторов, не имеющих взаимных корреляций

и связанных с видом известными экологическими

и физиологическими закономерностями;

2) использовать максимально обширный массив

данных о среде и предоставить алгоритму анализа

выбор предикторов, важных для объяснения распространения.

Первая стратегия приведет к более

генерализованному результату, при этом существует

опасность пропустить важные, но неизвестные

ранее предикторы. Использование максимально

широкого доступного набора факторов

повысит вероятность нахождения важных предикторов,

но может привести к переобучению

модели. Выбор предикторов для анализа – ключевой

этап при моделировании (Fourcade et al.,

2018). Комбинация данных из разных источников,

осознанный выбор пространственного разрешения

растровых данных позволит достичь

лучшего результата (Araújo et al., 2019)

С разрешением от 1 км доступна информация

о температуре поверхности Земли (Modis LST;

Wan, Dozier, 1996), влажностных характеристиках

(TRMM; Kummerow et al., 1998), повторяемости

облачности (Wilson, Jetz, 2016). Косвенной информацией

о климатических условиях являются

фенологические метрики, получаемые на основе

разновременных серий космических снимков

(Eklundh, Jönsson, 2017). Показано, что использование

этих параметров для моделирования существенно

повышает качество моделей (Cord et al.,

2014; Deblauwe et al., 2016), поскольку экстраполяционные

климатические модели типа WorldClim

не в полной мере отражают реальную дифференциацию

условий из-за недостатка исходных данных.

На локальном и региональном уровне многие

природные закономерности связаны с рельефом,

поэтому важным источником информации

для целей экологического моделирования являются

цифровые модели рельефа (ЦМР). Доступные

в свободном доступе ЦМР имеют размер

ячейки от 15–30 м (Aster GDEM, https://aster-

web.jpl.nasa.gov/gdem.asp; 30-Meter SRTM,

http://dwtkns.com/srtm30m; Robinson et al., 2014).

Для Арктики разработана модель сверхвысокого

разрешения с шагом ячейки 2 м (Porter et al.,

2018). Опубликован набор данных с различными

метриками рельефа, имеющий разрешение от 1 км

(Amatulli et al., 2018). На основе ЦМР в ГИС-пакетах

(например, SAGA-GIS; Conrad et al., 2015)

могут быть рассчитаны морфометрические параметры

рельефа (крутизна поверхности, экспозиция/освещенность

и выпуклость/вогнутость), отражающие перераспределение

вещества и энергии в ландшафте

Стратиграфические схемы рифейских и вендских

отложений Урала, рассмотренные на IV

Уральском Межведомственном стратиграфическом

совещании в г. Свердловске в 1990 году, в ноябре

1991 года были приняты Межведомственным

стратиграфическим комитетом. В качестве эталона в

Общей стратиграфической шкале верхнего

докембрия России был принят разрез верхнего

докембрия Южного Урала в пределах Башкирского

мегантиклинория. В Общей стратиграфической

шкале (ОСШ) докембрия России были выделе-

ны четыре хроностратиграфических подразделения:

нижний (бурзяний), средний (юрматиний)

и верхний (каратавий) рифей и венд [Семихатов

и др., 1991] и определены их возрастные рубежи.

До настоящего времени эти общие подразделения

шкалы не утратили своего значения и служат ос-

новой при проведении различных геологических

работ в регионе.

Введение

Стратиграфические схемы рифейских и вендских

отложений Урала, рассмотренные на IV

Уральском Межведомственном стратиграфическом

совещании в г. Свердловске в 1990 году, в ноябре

1991 года были приняты Межведомственным

стратиграфическим комитетом. В качестве эталона

в Общей стратиграфической шкале верхнего

докембрия России был принят разрез верхнего

докембрия Южного Урала в пределах Башкирского

мегантиклинория. В Общей стратиграфической

шкале (ОСШ) докембрия России были

выделены четыре хроностратиграфических подразделе -

ния: нижний (бурзяний), средний (юрматиний)

и верхний (каратавий) рифей и венд [Семихатов

и др., 1991] и определены их возрастные рубежи.

До настоящего времени эти общие подразделения

шкалы не утратили своего значения и служат

основой при проведении различных геологических

работ в регионе.

Однако в связи с получением новых современных

изотопно-геохронологических, палеонтологических

и иных геологических материалов

в образованиях рифея и венда в регионе возникла

необходимость уточнения геохронологической основы

как ОСШ докембрия России, так и лежащих

в её основе региональных стратиграфических схем.

Пересмотр стратиграфической схемы докембрия

Южного Урала обусловлен, прежде всего,

получением современными изотопными методами

(SHRIMP-II и ID-TIMS, Ar-Ar, Sm-Nd, Rb-Sr, Pb-Pb

и др.) новых датировок осадочных отложений и пород

магматических комплексов докембрия в регионе

[Краснобаев и др., 2007, 2013а, б; 2015; Пучков

и др., 2014 и др.]. Результаты исследований привели

не только к существенному уточнению ряда реперных

датировок рифея Уральской шкалы [Пучков,

Сергеева, 2021] и Общей стратиграфической шкалы

верхнего докембрия России [Семихатов и др., 2015],

но и к значительным стратиграфическим следствиям:

изменению стратиграфического положения

и ранга пограничных стратонов рифея (криволукская

свита) и венда (аршинская свита) на Южном

Урале [Козлов и др., 2008; 2011; Краснобаев и др.,

2012; Пучков и др., 2012, 2013; Puchkov et al., 2013].

Проект Региональной стратиграфической схемы

отложений верхнего и завершающего рифея и венда

Южного Урала разработан на основе новых данных

литолого-стратиграфических, палеогеотектонических

и изотопно-геохронологических исследований

верхнего докембрия региона, полученных

авторским коллективом в составе: В. И. Козлова

и Н. Д. Сергеевой (Институт геологии УФИЦ РАН,

г. Уфа), В. Н. Пучкова и А. А. Краснобаева (Институт

геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург),

Л. А. Гениной, П. Н. Михайлова (Институт геологии

УФИЦ РАН, г. Уфа). При составлении

проекта Региональной стратиграфической схемы

также использованы опубликованные материалы

по верхнему докембрию Южного Урала

и смежных регионов различных исследователей:

Ю. Р. Беккера, А. Б. Кузнецова, Т. С. Зайцевой,

А. Ф. Вейса, В. Н. Сергеева, Н. Г. Воробьевой,

Д. В. Гражданкина, А. В. Маслова, Н. Б. Кузнецова,

В. М. Горожанина и других.

При составлении проекта Региональной

стратиграфической схемы верхнего рифея и венда

Южного Урала авторами используется схема

районирования территории (рис. 1), принятая

в Стратиграфических схемах Урала [1993], и включает

районы: Ямантау-Нугушский (Лист 3, колонка

8), Иремель — Криволукский (Лист 4, колонка 9)

и Кирябинско-Узянбашский (Лист 5, колонка 18).

Региональная стратиграфическая схема

отложений верхнего и завершающего

рифея и венда Южного Урала

В соответствии с Общей Стратиграфической

шкалой докембрия России [Стратиграфический

кодекс…, 2019] в верхнем протерозое выделены

Рифейская эонотема и вендская система. Рифейская

эонотема включает три эратемы: нижнерифейскую

(бурзяний), среднерифейскую (юрматиний)

и верхнерифейскую (каратавий). Вендская система

завершает стратиграфическую последовательность

докембрия и расчленена на два отдела. Эта шкала

достаточно успешно использовалась в решении

вопросов стратиграфического расчленения и корреляции

докембрийских образований, геологического картирования

и различных тематических исследований. В этой шкале

изотопный возраст нижней границы верхнего рифея принят 1030

млн лет и венда 600 млн лет [Стратиграфический

кодекс…, 2019]. Исходя из полученной датировки

642±9 млн лет (Rb-Sr метод по Al-глаукониту

[Зайцева и др., 2019]) из пород бакеевской свиты

основания ашинской серии нижнюю границу венда

следует оценить в 650 млн лет.

В предлагаемой Региональной стратиграфической

схеме (таблица 1) стратиграфические подразделения

от верхнего рифея до венда на Южном Урале

включают региональные стратоны: каратауский

верхнего рифея, аршинский терминального рифея

(вновь выделенного стратона с возрастом нижней

границы 750–770 млн лет) [Пучков, Сергеева, 2021]

и ашинский — венда.

Каратауский стратон верхнего рифея— каратауская

серия рассматривалась [Стратиграфическая…,

1993] в составе (снизу): зильмердакской, катавской,

инзерской, миньярской, укской и криволукской

свит. С учетом выделения нового стратона —

аршиния [Козлов и др., 2011] криволукская свита

исключена из каратауской серии верхнего рифея.

Она рассматривается в составе аршинской серии

завершающего рифея [Пучков и др., 2014]. Нижняя

граница каратауской серии совпадает с подошвой

зильмердакской свиты, залегающей на подстилающих

отложениях юрматинской серии в некоторых разрезах

с постепенным переходом [Козлов,

1982]. По составу и порядку напластования пород,

палеонтологическим и радиологическим данным

[Козлов,1986; Пучков и др., 2014] каратауская серия

расчленена на три подсерии (системы): нижне-,

средне- и верхнекаратаускую.

Нижнекаратауская подсерия (кипчакский

горизонт) включает отложения зильмердакской

и катавской свит. Зильмердакская свита сложена

разнозернистыми полевошпат-кварцевыми, аркозовыми,

субаркозовыми, кварцевыми и полимиктовыми

песчаниками и алевролитами, глинистыми

сланцами, присутствуют маломощные прослои

и линзы конгломератов, гравелитов и песчанистых доломитов.

Содержит богатый комплекс

микрофоссилий (мулдакаевская биота [Янкаускас,

1982]) Катавская свита сложена известняками,

их глинистыми разностями и мергелями. Возраст

карбонатов 938 млн лет (K-Ar метод по глаукониту

[Стратотип рифея…, 1983]). Известняки содержат

строматолиты (Inzeria tjomusi Kryl., Jurusania

cylindrica Kryl. и Malginela zipandica [Крылов,

1963]) и микрофитолиты III (верхнерифейского)

комплекса.

Среднекаратауская подсерия (тангаурский

горизонт) включает отложения инзерской и миньярской свит.

Инзерская свита представлена

песчаниками и алевролитами полевошпат-кварцевыми

и кварцевыми, часто с глауконитом, и аргиллитами.

В западных разрезах существенную

роль играют известняки и доломиты, содержащие

строматолиты (Conophуton garganicus var. Raab. et

Kom., C. retikulatum Kom.) и микрофитолиты III

(верхнерифейского) комплекса и микрофоссилии

(шишенякская биота [Янкаускас, 1980]). Возраст

инзерской свиты 836–803 млн лет (Rb-Sr, иллит)

и 844±24 млн лет (Pb-Pb, известняк) [Kuznetsov et

al., 2017]. С подстилающей катавской свитой она

связана постепенным переходом. Миньярская свита

сложена доломитами и доломитизированными

известняками, содержащими строматолиты двух

уровней: нижний (минкский) с Gуmnozolen ramsayi

Steinm. и Katavia karatavica Kryl. и верхний (бьянский)

с Conophyton miloradovici var krylovi Raab.,

Tungussia perforata Raab. et Kom. и др. Изотопный

возраст карбонатных пород 820±77 млн лет (Rb-Sr,

доломит) [Kuznetsov et al., 2017].

Верхнекаратауская подсерия (предлагается

выделить укский горизонт) включает укскую

свиту, сложенную известняками, песчаниками

и алевролитами глауконит-кварцевыми, кварцевыми

и полимиктовыми, с прослоями аргиллитов

с микрофоссилиями. Известняки содержат

строматолиты (Linella ukka Kryl., L. simica Kryl.,

Tungussia bassa Kryl. и др.) и микрофитолиты IV

(укского) комплекса верхнего рифея.

Аршинский стратон завершающего рифея —

аршинская серия в страторегионе (Тирлянская

синклиналь) на восточном крыле синклинали

с размывом залегает стратиграфически выше мазаринской

и арвякской свит верхнего рифея уралтауского

(ранее назывался суванякским) комплекса

Уралтауского антиклинория, образования которых

прорваны габбро и гранитами Барангуловского

комплекса с возрастом 725±5 млн. лет [Краснобаев

и др., 2007] и Мазаринского массива с датировками

709±5,2 и 732±17 млн лет [Краснобаев и др.,

2015]. На западном крыле синклинали аршинские

образования с размывом залегают на породах ми-

ньярской и укской свит каратауской серии верхнего

рифея и с угловым несогласием в ядре синклинали

перекрываются фаунистически охарактеризованными

песчаниками тирлянской свиты ордовика.

Байнасская свита сложена сланцами переменного

серицит-хлорит-кварцевого состава, с прослоями

карбонатно-кварцевых разностей, кварцевых

песчаников и конгломератов. Махмутовская свита

представлена кварцевыми и полевошпат-кварцевыми

песчаниками, тиллитами, кварцитовидными

серицит-кварцевыми сланцами и кварцитами.

На подстилающей байнасской свите залегает согласно.

Игонинская свита в значительной степени представлена

вулканогенным породами,

с изотопным возрастом 709,9±7,3–732±17 млн. лет

(U-Pb метод по циркону [Краснобаев и др., 2012]).

Вулканиты претерпели метаморфизм зеленосланцевой

фации и содержат прослои вулканогенноосадочных

и осадочных пород. Шумская свита

сложена преимущественно кварцито-песчаниками,

контакт которых с вулканитами подстилающей

игонинской свиты четкий и резкий.

Криволукская свита в Криволукской синклинали

(Иремель-Криволукский район) сложена

кварцитовидными песчаниками и алевролитами

преимущественно кварцевого состава с прослоями

глинистых и низкоуглеродистых глинистых сланцев.

Криволукская свита по положению в разрезе

(подстилается карбонатными отложениями укской

или миньярской свит и с перерывом перекрывается

образованиями венда или ордовика) и особенностям

состава пород сопоставлена с шумской свитой

аршинской серии Тирлянской синклинали.

Ашинский стратон венда — ашинская серия

в опорных разрезах западного крыла Башкирского

мегантиклинория (Ямантау-Нугушский район)

включает бакеевскую, урюкскую, басинскую,

куккараукскую и зиганскую свиты. Отложения

серии с размывом и угловым несогласием залегают

на карбонатных породах укской, миньярской

и редко инзерской свит верхнего рифея и перекрываются

с размывом и угловым несогласием

песчаниками такатинской свиты эмсcкого яруса

нижнего девона. На Южном Урале, по аналогии

с региональными подразделениями венда Восточно-

Европейской платформы [Соколов, 1997], выделены

горизонты: лапландский нижнего венда, редкинский,

котлинский и ровенский верхнего венда.

К аналогам лапландского горизонта, где основными

маркерами служат тиллиты и вулканогенные

и вулканогенно-осадочные образования, отнесены

бакеевская и её аналоги суировская, толпаровская

и кургашлинская свиты (см. табл. 1). Редкинский,

котлинский и ровенский горизонты включают

урюкскую, басинскую, куккараукскую и зиганскую

свиты. Следует отметить, что присутствие

аналогов котлинского и ровенского горизонтов

и положение их границ в Уральской схеме требует

дополнительных обоснований.

Возраст нижней границы венда трактуется

неоднозначно. В Общей шкале докембрия России

по решению МСК [Дополнения…, 2000] граница

проводится на 600±10 млн. лет. Имеющиеся Rb-Sr

датировки по Al-глаукониту бакеевской свиты (ос-

нование ашинской серии) 638±13млн лет [Zaitseva

et al., 2013] и 642±9 млн лет [Зайцева и др., 2019],

позволили оценить нижнюю границу венда в 640±5

млн. лет [Семихатов и др., 2015] и 650 млн лет

[Пучков и др., 2021]. Неопределенность нижней

границы венда на Южном Урале может быть связана

с наличием лакуны между вендом и рифеем

[Пучков и др. 2012]. Лакуна эта может быть весьма

значительной, если иметь в виду, что аршинская

свита Тирлянской синклинали восточного крыла

Башкирского мегантиклинория, считавшаяся

нижневендской, переведена в верхи рифея [Козлов

и др., 2011] и на западном крыле Башкирского

мегантиклинория аршинская серия полностью

попадает в размыв [Пучков и др. 2012]. Возраст

верхней границы венда по цирконам из прослоев

туфов в зиганской свите — 548,2±7,6 и 547.6±3.8

млн. лет [Гражданкин и др., 2011; Fedorova et al.

2013], что очень близко к возрасту нижней границы

кембрия. Но многочисленные находки в ашинской

серии бесскелетной фауны и ихнофоссилий [Беккер,

1988; Гражданкин и др., 2011; Пучков и др., 2012],

свидетельствуют о вендском возрасте отложений.

Основой геологической корреляции отложений

верхнего и завершающего рифея и венда

Южного Урала служат стратиграфические разрезы

Ямантау-Нугушского, Иремель — Криволукского

и Кирябинско-Узянбашского районов (см. рис. 1

и табл. 1).

Отложения верхнего рифея представлены каратауской

серией в Ямантау-Нугушском

и Иремель-Криволукском районах. В Кирябинско-

Узянбашском районе к верхнему рифею отнесены

осадочно-метаморфизованные образования уралтауского

комплекса. Каратауская серия включает

зильмердакскую и катавскую свиты верхнекаратауской

подсерии, инзерскую и миньярскую

свиты среднекаратауской подсерии и укскую свиту

верхнекаратауской подсерии.

В Кирябинско-Узянбашском районе к верхнему

рифею отнесен уралтауский комплекс,

включающий курташскую, мазаринскую и арвякскую свиты.