

ГЕОГРАФИЯ – НАУКА БУДУЩЕГО

© 2022 г. А. А. Тишков

Институт географии РАН, Москва, Россия

E-mail: tishkov@igras.ru

Поступила в редакцию 19.12.2021 г.

После доработки 14.01.2022 г.

Принята к публикации 02.02.2022 г.

С методологических позиций и с учётом прогноза планетарных изменений климата, биоты, а также хозяйственной и общественной динамики в статье рассматривается становление географии как науки будущего. Автором обосновывается необходимость выделения в семье географических наук “футурологической географии”, которая за счёт интеграции в пределах этой семьи, расширения связей с точными науками естественного цикла, использования аналитических методов высокого разрешения способна создавать адекватный образ будущего. На основе экспертных оценок, прогнозных моделей, предложенных Межправительственной группой экспертов по изменению климата, мнений учёных даётся ответ на вопрос, какой мир предстоит изучать географии в 2050 г. Есть основания заключить, что это мир антропоцена. Рассмотрены условия применения в географии передовых геоинформационных методов, искусственного интеллекта и квантовых технологий. Среди новых географических наук выделены инновационные отрасли – гено- и филогеография, биофизика ландшафта и другие. Сделан вывод, что для изучения мира будущего география уже располагает адекватной методологией, методами и алгоритмами исследований.

Ключевые слова: Земля, цифровой двойник Земли, футурологическая география, науки будущего, прогноз, цифровые и геоинформационные технологии, искусственный интеллект, ИРСС, изменения климата, антропоцен.

DOI: 10.31857/S0869587322060123

“География была и есть любимейшая наука русских со времён летописца Нестора”.
Л.С. Берг. “Достижения советской географии”, 1948

В 2019 г. в мире отмечалось 250-летие со дня рождения немецкого натуралиста Александра Гумбольдта – одного из основателей географии как самостоятельной науки. Парадокс в том, что древнейшая из наук, имеющая глубокие античные корни, только в XVII–XVIII вв. обрела свои организационные формы, уточнила предмет и содержание. С именем А. Гумбольдта связывается и представление о географии как о синтетической науке, имеющей два крыла – “физическое” и “социальное”. Именно он выделил в её составе физическую географию, ландшафтоведение, геоботанику и географию растений, климатологию. Ему принадлежит обоснование алгоритма познания природы как целого и введение в науку поня-

тия “сферы жизни” как всепланетного феномена. Можно утверждать, что исходно мировоззренческая наука география (достаточно упомянуть хотя бы несколько привычных выражений из её словаря: “пространственное мышление”, “осознание себя в пространстве”, “географический детерминизм”, “пространственный континуум”) только в XVIII в. обрела возможность структурированного философского осмысления, став, по образному выражению А.Н. Краснова¹, философией естествознания [1, 2].

Но если принять утверждение, что география – мировоззренческая наука, использующая разно-

ТИШКОВ Аркадий Александрович – член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией биогеографии ИГ РАН.

¹ Краснов Андрей Николаевич (1862–1915) – российский ботаник, почвовед, географ, путешественник, палеоботаник; основатель Батумского ботанического сада. Предложил и реализовал фитомелиорацию болот Колхиды с использованием австралийского эвкалипта. (Здесь и далее *прим. ред.*)

образные инструменты познания мира, что по сути она является системой знаний об общих и частных характеристиках организации жизни на Земле, то вполне естественно увидеть в ней и науку, которая наряду с осмыслением многомерности бытия изучает закономерности пространственного развития природы, хозяйства, динамики населения [3]. Имея сравнительно мощную палеогеографическую [4, 5] и историческую [6–12] составляющие, она не озаботилась футурологической основой. В настоящей статье предпринята попытка восполнить этот пробел, предвзятое возможное появление элементов прогноза и в других публикациях специального выпуска “Вестника РАН”.

ФУТУРОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Её основы, если иметь в виду билатеральные союзы наук (климатология – физика атмосферы, география особо опасных инфекций – эпидемиология, география населения – демография), формировались стихийно, по мере внутригеографической интеграции, а также интеграции с науками, содержащими в себе элементы прогноза. Замечу, что К.К. Марков² [13], рассматривая междисциплинарные “сквозные” методы географии (сравнительно-описательный, геофизический, геохимический, палеогеографический, математический, картографический), применяемые к изучению всех компонентов географической оболочки Земли и определяющие целостность нашей науки, сближающие её с другими точными науками естественного цикла, футурологическую составляющую не учёл.

В 1960–1970 гг. Ю.Г. Саушкин³ [14, 15] сформулировал позиции географического прогноза, при этом приняв во внимание не только перспективы применения новых методов, но и сам меняющийся мир. И.М. Забелин⁴ [16], вдохновлённый попытками И.В. Бестужева-Лады⁵ развивать в СССР общенаучную (не коммунистическую) футурологию, в своей книге “Физическая география и наука будущего” [17] (первое её издание вышло в 1963 г.), рассматривает контуры грядущей техносферы и ноосферы, в числе тревожных процессов отмечает повсеместную урбанизацию – сложный географический процесс, отдаляющий чело-

века от природы. В работах учёных и писателей середины XX в. присутствуют образы преобразованной человеком Земли, которая и должна стать объектом исследований географии. Приведу несколько примеров.

В.В. Цинзерлинг (сотрудник Совета по изучению производительных сил) в конце 1940 – начале 1950-х годов пишет о грядущем цикле потепления, об управлении климатом с помощью орошения засушливых земель, увеличения объёмов внутреннего влагооборота и восстановления зональной растительности засушливых земель [18]. Б.П. Борисов (в 1950-х годах сотрудник Института географии АН СССР) разрабатывает проект преобразования климата Северного полушария с помощью уничтожения ледового покрытия Арктики. Он полагает, что эта идея осуществима, если повернуть Гольфстрим и построить плотину с мощными насосами в Беринговом проливе. М.И. Будыко (в 1950-х годах молодой сотрудник Гидрометеослужбы СССР, а позднее академик РАН) предлагает уничтожить ледяной покров Арктики, покрыв поверхность льда тонким слоем тёмного порошка: такая мера увеличит поглощение солнечной радиации и растопит ледяной панцирь.

В эти же годы учёные США выдвигают множество проектов использования тепла Гольфстрима для обогрева Северной Америки и нейтрализации холодного Лабрадорского течения. В одном из проектов предлагалось построить канал через полуостров Флориду для прохождения Гольфстрима, в другом – перенести место встречи Гольфстрима и Лабрадорского течения восточнее. Все проекты были нацелены на улучшение климата Северной Америки, в то же время вероятный ущерб климату Европы игнорировался (<http://nplit.ru/books/item/f00/s00/z0000053/st051.shtml>).

Палеонтолог, писатель-фантаст, социальный мыслитель И.А. Ефремов, создавший образы будущего Земли, в романе-утопии “Туманность Андромеды” (1957) [19] пишет о возможности появления искусственных солнц, подвешиваемых над полярными областями, о повышении уровня океана на 7 м, об изменении человеком полярных атмосферных фронтов и ослаблении пассатных ветров, укрощении ураганов. Рисуемая автором картина интересна с позиций именно футурологической географии, так как в его представлении одновременно с изменением природы многое изменится и в социальной организации общества: “Эра Разобщённого Мира” сменяется эрами “Мирового Воссоединения”, “Общего Труда”, “Великого Кольца” [19].

В статье “География будущего” (1960) её автор Н. Павлов отмечает: “На наших глазах происходит второе рождение географии. Она превраща-

² Марков Константин Константинович (1905–1980) – академик АН СССР, теоретик географии, геоморфолог, палеогеограф, океанолог.

³ Саушкин Юлиан Глебович (1911–1982) – доктор географических наук, экономико-географ, с 1948 по 1981 г. заведующий кафедрой экономической географии СССР МГУ им. М.В. Ломоносова.

⁴ Забелин Игорь Михайлович (1927–1986) – физикогеограф, футуролог, историк географии, писатель.

⁵ Бестужев-Лада Игорь Васильевич (1927–2015) – доктор исторических наук, социолог, футуролог.

ется из науки описательной в преобразующую. Древняя наука молодеет, как и сама наша планета, неуклонно стремящаяся по орбите истории всё вперёд, к коммунизму”. [20, с. 59]. В статье приводится карта преобразованной планеты с плотинной в Беринговом проливе, транслатино-американским каналом, соединяющим три великие реки, морями в центре Африки, обновлёнными Средиземным и Чёрным морями, тоннелями под Каспием и Ламаншем, укрощённым течением Куроиси и сменившим направление Лабрадорским течением.

“География–2050” — так озаглавлен раздел книги [21], посвящённой 100-летию Института географии РАН. Это самый свежий пример попытки заглянуть в будущее нашей науки. Вполне естественно, что в прогнозе акцент делается на востребованных обществом направлениях: изучении природы Земли (вод, рельефа, почв, растительности, фауны, изменений климата), а также общества (промышленности, транспорта, миграции населения, процессов урбанизации), причём с применением самых современных технологий — космического зондирования, геоинформационного анализа, радиоуглеродного датирования и палеоклиматических реконструкций на основе методов высокого разрешения. Речь идёт не только о научном интересе. Не научившись противостоять современным вызовам и угрозам — климатическим, экологическим, экономическим, социальным, геополитическим, — мы не сможем дальше развиваться как цивилизация. В этом и состоит главная функция географии как науки будущего. Академик РАН В.В. Котляков в статье “География — одна из основ современного естествознания” замечает: “Чудо географии заключается в том, что это единственная из фундаментальных наук, имеющая и естественнонаучную, и социально-экономическую составляющие... Природная предопределённость в той или иной мере свойственна всем сферам общественной жизни на любой стадии исторического развития, так как человек — звено эволюции, часть природы и может существовать лишь благодаря постоянному обмену с ней. Поэтому законы социальных наук имеют в своей основе природную составляющую, это роднит их с законами естественных наук и позволяет сохранять единство географии” [22, с. 7]. Именно такое родство и даёт основания представлять предмет географии будущего многоликим и изменчивым.

КАКОЙ МИР ПРЕДСТОИТ ИЗУЧАТЬ ГЕОГРАФИИ В 2050 ГОДУ?

В отечественной и зарубежной науке делается так много прогнозов, что их верификация сама по себе могла бы стать предметом длительных исследований. Интересно, что наиболее радикальные

представления формируются в недрах самой географии, её физико-географического крыла — от климатологов [23, 24], стоящих на позициях “антропогенных изменений климата”, до учёных смежных специальностей, строящих модели на принципах облигатности связей объектов изучения с климатом и придерживающихся географического детерминизма. Ещё в Пятом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) 2014 г. [23] среди климатических сценариев для XXI в. доминировали те, которые предполагали рост концентрации CO₂ до 750–1250 ppm и средних глобальных температур на 2.4–4.8°C, а на территории России и выше. Ожидаемые последствия — полное освобождение Арктики от морских льдов, интенсивное таяние ледников, катастрофический подъём уровня океана, деградация мерзлоты, экспансия леса в тундру, вымирание животных, изменения границ природных зон, рост частоты аномальных природных явлений (ураганов, штормов, ливней, наводнений, лавин, селей, оползней, пожаров). Для представления гипотетической карты можно обратиться к публикациям климатологов [25, 26], а также прогнозным картам планеты (<https://ria.ru/20190207/1550557505.html>). В Интернете присутствуют специальные сайты, на которых с помощью манипуляций любой желающий может увидеть контуры обновлённой Земли при разных уровнях подъёма мирового океана (<https://www.floodmap.net/ru/>), проанализировать катастрофические, оптимистические и промежуточные климатические сценарии, реализация которых зависит от доброй воли стран, подписавших Парижское соглашение и целенаправленно снижающих выбросы парниковых газов (<https://hi-news.ru/eto-interesno/kakoj-budet-nasha-planeta-v-2100-godu.html>). К сожалению, сценариями подобного рода пестрит литература, в которой есть всё, кроме ответственности за прогноз.

В августе 2021 г. на сайте МГЭИК были представлены первые публикации Шестого оценочного доклада (<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#Full-Report>), вывешен интерактивный атлас с прогнозом облика Земли при разных климатических сценариях (<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>). Комментарии в СМИ, появившиеся в связи с началом публикации доклада, сопровождались говорящими заголовками: “Будет только хуже”, “Сигнал тревоги для человечества”, “Нас ждут большие проблемы” и т.п. Эти тревожные оценки подтверждает в своих комментариях и председатель Комитета РАН по международной программе “Будущее Земли”, директор Института географии РАН член-корреспондент РАН О.Н. Соломина [27]. Суть этих оценок сводится к следующему.

Удержать рост глобальной температуры в пределах 1.5°C не удастся, через 15 лет этот уровень будет превышен, если объём антропогенных вы-

бросов парниковых газов не изменится. Наблюдавшееся в 2010–2019 гг. глобальное повышение температуры приземного воздуха (0.9–1.2°C) превысило внутреннюю изменчивость (от –0.2 до 0.2°C) или влияние естественных факторов, в числе которых орбитальный, солнечная активность и др. (от –0.1 до 0.1°C).

Продолжаются повышение уровня Мирового океана из-за теплового расширения воды (им объясняется 50% повышения уровня за период 1971–2018 гг.) и потери льда на суше. Вклад таяния ледников за тот же период составил 22%, ледниковых щитов – 20%, а изменения в запасах воды на суше – ещё 8%. В последние десятилетия (с 1992–1999 по 2010–2019 гг.) скорость сокращения оледенения увеличилась в 4 раза. Повышение относительного уровня океана продолжится в XXI в. В следующие 2000 лет глобальный средний уровень океана повысится на 2–3 м, если потепление ограничится 1.5°C, на 2–6 м при ограничении до 2.0°C и от 19 до 22 м при потеплении на 5.0°C.

Утверждается, что экстремальные климатические события – волны жары, засухи и экстремальные осадки – при потеплении климата будут случаться чаще. Даже если выбросы парниковых газов стабилизируются или снизятся, инерционная климатическая система Земли не сможет вернуться в “доиндустриальное” состояние: нагретый океан будет продолжать оказывать своё отепляющее воздействие, глобальная температура будет расти, ледники и вечная мерзлота – таять, уровень моря – подниматься.

В Докладе рассматриваются пять сценариев будущего изменения климата в связи с масштабами влияния на него человека. В случае реализации сценария низкой эмиссии парниковых газов средняя глобальная температура к концу XXI в. будет выше, чем в 1850–1900 гг., на 1–1.8°C, по сценарию среднего уровня эмиссии – увеличится на 2.1–3.5°C. При высоком уровне выбросов увеличение будет драматическим – на 3.3–5.7°C.

Поверхность суши продолжит нагреваться в 1.4–1.7 раза сильнее, чем поверхность океана. Потепление в Арктике прогнозируется в 2 раза более сильное, чем в среднем по Земле. Арктика, вероятно, окажется практически свободной от морского льда в сентябре, по крайней мере, один раз до 2050 г. при любом из пяти рассмотренных сценариев. Вопрос о динамике антарктического морского льда в Докладе остался открытым: с помощью моделей пока не удаётся воспроизвести его изменения.

Общий вывод, вытекающий из Шестого доклада МГЭИК: необходимы срочные меры по снижению выбросов. Даже в случае, если цивилизация в своём развитии попытается реализовать сценарий низкой эмиссии парниковых газов, эффект будет ощутим примерно через два десятиле-

тия, так как он трудноразличим на фоне высокой естественной изменчивости климата.

Во многих странах мира снижение экономической активности в условиях пандемии 2020 г. привело к улучшению качества воздуха в промышленных районах, но не сказалось на росте концентрации CO₂. Отчасти это подтверждено и исследованиями Института экологии Высшей школы экономики (<https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/377998000.pdf>), которые выявили, что объёмы выбросов и их концентрации в период ограничений из-за пандемии в январе–мае 2020 г. в России были на 16% ниже показателей 2019 г., но это не повлияло на уровень CO₂.

Алармистские прогнозы климатологов и некоторых футурологов компенсируются умеренными прогнозами экономистов, что важно для географов, которым предстоит анализировать реалии мира в новых политико-географических условиях. Так, авторы британского журнала “The Economist” по итогам публикаций первого десятилетия XXI в. подготовили книгу “Мир в 2050 году” [28], в которой с учётом выявляемых тенденций развития планеты обсуждаются все грани будущего. Катастрофические сценарии в книге отсутствуют, прогноз на 2050 г. вполне оптимистический. Авторы полагают, что “это будет время всестороннего экологического восстановления...” [28, с. 213]. Так как аспекты бытия, касающиеся демографии, бедности, экономического неравенства, миграции, энергетики, потребления, обеспечения продовольствием, питьевой водой, прогнозируются и моделируются, по-видимому, с меньшим числом неопределённостей, чем климат, в сценарии гуманитарной составляющей географии будущего гораздо меньше пессимизма.

За 30–50 лет, несмотря на тревожные прогнозы некоторых климатологов и экологов, суть и предмет географической науки вряд ли претерпят необратимые изменения. Другой вопрос – совершенствование методов исследований, повышение их точности и степени детализации (разрешения), благодаря чему значительно повысится достоверность географического прогноза, до минимума сократится временной интервал от получения первичной информации о состоянии Земли, её геосфер, отдельных экосистем и их компонентов до оперативного анализа и последующего принятия управленческих решений. Дистанционный и наземный мониторинг планеты с получением данных высокого разрешения – это и есть будущее нашей науки, но при условии широкого внедрения цифровых технологий, повышения качества географического анализа с привлечением возможностей суперкомпьютеров и искусственного интеллекта. Пока такие технологии не созданы.

ГЕОГРАФИЯ АНТРОПОЦЕНА КАК ГЕОГРАФИЯ БУДУЩЕГО

Об антропоцене как объекте географических исследований заговорили в 2012 г. после 32-го Международного географического конгресса в Кёльне (Германия). Этому предшествовало распространение учения об антропосфере геолога Э. Зюсса и географа Д.Н. Анучина, а также учения В.И. Вернадского о ноосфере как новом состоянии биосферы. Вслед за П. Крутценом и Ю. Стормером [29], а также в соответствии с принятыми в геохронологии и эволюционной географии критериями на конгрессе одобрили выделение новой геологической эпохи – антропоцена со своими особенностями пространственной и временной организации. Авторы термина – американский ботаник, эколог Юджин Стормер и нидерландский химик лауреат Нобелевской премии Пауль Крутцен – основной упор делали на масштабную деятельность человека в последние столетия, в основном после промышленной революции. Однако и в голоцене деятельность человека за счёт переложной системы хозяйствования, широкого использования огня и избирательной охоты существенно преобразовала планету, затронув её физические, химические и биологические характеристики, в частности, альбедо поверхности, химизм водоёмов, структуру морских мелководий и озёрных отложений, состав биоты.

Выделяя среди характерных черт протекания последних геологических эпох такое явление, как сближение характерных времён событий и явлений (оледенений и межледниковий, морских трансгрессий и регрессий, циклов химизма атмосферы, потеплений и похолоданий, аридизации и гумидизации климата, интенсивности седиментации и физико-географических процессов на полярных окраинах), можно определить, что следующая эпоха должна преемственно ещё больше отражать сжатие временных интервалов необратимых изменений. Хотя человечество по-прежнему не в силах масштабно менять ход внешних по отношению к ландшафту природных процессов на Земле, определяемых в первую очередь космическими факторами, тем не менее оно влияет на их ритмику и амплитуду, поэтому география будущего, по сути, может рассматриваться как география антропоцена, для предмета которой характерны:

- разновременные, отличающиеся и по времени старта устойчивые тренды антропогенной изменчивости;
- необратимые изменения окружающей среды и её отдельных элементов (химизм атмосферы и гидросферы, трансформация земной поверхности, условий биогеохимической работы организмов, вымирание животных и растений и др.);

- неореликтовость и рефугиальность природных экосистем и биоты в целом, которые сформировались в отличных от будущих условиях среды, не смогут адаптироваться к ним, станут реликтами прошлых эпох и не будут занимать потенциально возможный ареал на планете;

- эффект сжатия природного пространства, когда исходное состояние рельефа, почв, растительности, животного мира становится характерным для сравнительно небольших по площади, часто нерепрезентативных территорий, а всё остальное пространство характеризуется проявлениями новой эпохи – антропоцена;

- при антропоцене восстановление исходного состояния природы не происходит, а наблюдаются конвергентные с исходными, менее устойчивые её новые состояния, которые в совокупности и определяют картину наступившей эпохи (для атмосферы – новые химические константы, для рек – новый режим стока и возможности самоочищения воды, для рельефа – новые формы, характер и интенсивность эрозионных процессов и формообразования, для озёр – режим трофности и накопления сапропеля, для биоты – новые сукцессионные системы, которые включают и абorigенные, и инвазивные виды);

- интенсивная фрагментация, необратимые антропогенные элементы структуры и динамики ландшафтов, в том числе квазиприродные.

Доминирование по площади антропогенных модификаций экосистем (морских и сухопутных) и их включение в филоценогенетическую систему (в эволюционные преобразования экосистем) – важная отличительная черта антропоцена как объекта географических исследований. До его старта в плейстоцене и голоцене в качестве глобальных факторов филоценогенеза, связанных с человеком, обнаруживали себя только частота действия огня и избирательная охота на крупных млекопитающих, которые всё же вписывались в формулу “человек – часть природы” и сопровождалась самовосстановлением биоты.

Анализ палеоклиматической, палеогеографической и палеоэкологической информации показывает, что современная рубежность в динамике природы на Земле наступила во второй половине голоцена после завершения атлантического оптимума, формирования около 5000 лет назад системы и границ природных зон, близких к современным. В этот период очаговые антропогенные трансформации естественной растительности при выжигании и рубках лесов, переложной системе распашки и пастьбы, регулировании стока рек стали приобретать фронтальный характер на материках, необратимо меняя дигрессивно-демультиационные ряды сукцессий по составу участвующих в них видов растений и животных и по скорости восстановления до исходного состояния. Ан-

тропоцен стартовал около 2000 лет назад с временным континуумом в разных регионах Северной Евразии.

Для понимания географии антропоцена важен и смысл биогеографических эффектов антропогенных изменений природы, который следует искать не в сдвиге состава флор и фаун, а в филоценогенезе, в тех его проявлениях, которые связаны с антропогенной трансформацией сукцессионных систем. При чрезмерно быстрых и глубоких изменениях климата экосистема либо мигрирует вслед за перемещением климатических районов (географическая смена), либо, если миграция невозможна, погибает, освобождая территорию/акваторию для новых экосистем, возникающих в результате филоценогенеза. Пределы сукцессионной динамики даже в наше время представлены рецидивными (при увеличении частоты нарушений – пожаров, рубок леса, распашки, интенсивного выпаса скота), диаспорическими (уничтожение на больших пространствах климаксной растительности, типичных представителей флоры и фауны), пирогенными (за счёт увеличения частоты пожаров), постагрогенными (при переложной системе земледелия), техногенными и прочими субклимаксами.

Именно с такой природой, теряющей потенциал самовосстановления, но поддающейся всякого рода антропогенным преобразованиям и управлению (характерный пример – современный опыт большинства европейских стран в поддержании полуприродных и искусственных лесных и травяных экосистем, лишённых основных биосферных функций и требующих для их поддержания дополнительных энергетических и вещественных затрат), человечеству придётся иметь дело. Антропоцену свойственны необратимые изменения биоты, абиотических компонентов и фоновых условий их динамики и функционирования. Например, иные, более высокие концентрации CO_2 в атмосфере, приближающиеся к оптимальному для фотосинтеза уровню, обеспечивают более высокие удельные показатели первичной продукции, в том числе сельскохозяйственных культур и лесов. Аналогично и рост концентрации биогеононов в водоёмах суши ведёт к росту их продуктивности.

Природопользование новой эпохи осуществляется в условиях снижения запасов многих невозобновляемых ресурсов и роста доли возобновляемой энергетики в экономике, но одновременно пространство, запасы пресной воды и природные ландшафты, способные обеспечивать человечество экосистемными услугами, становятся мощным стратегическим ресурсом. География будущего как раз нацелена на научное сопровождение смены технологий природопользования, минимизирующих негативное воздействие

на природу. Такая смена произойдёт в антропоцене, но без географического обеспечения реализовать её практически невозможно.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Многие авторы, рассуждающие о географии будущего, упоминают цифровизацию как отличительную её черту. А вершиной цифровизации нашей жизни и науки в целом должны стать квантовые технологии. География всегда была наукой, оперирующей огромными массивами данных, прежде всего пространственно распределённых. Нет ни одной отрасли знаний, за исключением, по-видимому, наук о человеке, сопоставимых по ёмкости необходимой цифровой информации с географией. Поэтому будущее нашей науки – за искусственным интеллектом и квантовыми технологиями. Современный компьютер и геоинформационные технологии способны создать лишь приблизительный образ окружающего мира, Земли с ближним космосом, этот образ по уровню разрешения далёк от реальности. Трудно представить массивы пространственно распределённых данных, необходимых для создания даже статичного образа Земли.

Как только мы попытаемся охватить мобильные параметры состояния планеты, их вариативность в настоящем и будущем, никаких современных средств и технологий их отображения не хватит. Даже в наши дни среди сфер применения суперкомпьютеров, со скоростью вычислений в сотни миллиардов в секунду, доминируют близкие к географии метеорология, геофизика и область финансов. Именно для нужд географии требуются квантовые компьютеры, в которых единицей информации становятся не биты (0 или 1), а кубиты (0 и 1 одновременно). Только они способны оживить статичную пока модель Земли. Для онлайн-мониторинга состояния всех геосфер планеты (атмосферы, гидросферы, литосферы, биосферы) требуется, с одной стороны, идеальный цифровой двойник Земли, а с другой – аналогичный, высокого разрешения её цифровой образ, но уже для моделирования глобальных и региональных ситуаций, точного прогнозирования не только погоды и стихийных бедствий, но и всего, что важно для жизнеобеспечения и, главное, для гуманизации общества. Для этого пока нет доброй воли, “сверхкомпьютеров” и технологий. Квантовые компьютеры будут способны решать самые сложные задачи, в том числе и те, о которых здесь идёт речь, но только при одном условии: люди на Земле наконец-то станут жить мирно, вместе созидать, осваивать Мировой океан и Антарктиду, оставив в прошлом войны, гонку вооружений и безудержный рост потребления [28].

ГЕОГРАФИЯ СРЕДИ НОВЫХ НАУК

В наше время столько получивших негласный статус “наук будущего”, что вписаться в этот сонм перспективных отраслей знаний трудно. Лидируют здесь биология и медицина, ибо их назначение – служение человеку. Примеры – синтетическая биология, генная инженерия (конструирование новых геномов или возрождение давно вымерших организмов), нанонауки с их возможностями исследования нанопространств и применения микрочипов в технике и медицине, меметика, занимающаяся культурными кодами и их передачей от человека к человеку, в том числе в социально-терапевтических целях, бионика, внедряющая природоподобные технологии в повседневную жизнь, нейроэкономика, позволяющая корректировать принятие решений на индивидуальном уровне, а в перспективе и выше.

А что география? Омолодится ли она за счёт новейших технологий и станет ли снова крайне нужной человечеству? Как это не раз происходило в последние столетия, её актуализация, востребованность будут возрастать по мере усиления синтетической природы нашей науки, её комплексности, междисциплинарности, а в целом – полиморфизма и поливекторности. Первым вектором будущего можно считать геоинформационные технологии с использованием искусственного интеллекта, в том числе нейросетей. О. Фатеев и Н. Носов в статье “Искусственный интеллект в географии” [31] сделали попытку определить место этих технологий. Стремительно растёт объём пространственно распределённых данных, доступных для анализа, появились новые возможности их хранения и обработки. Расширяется диапазон использования методов искусственного интеллекта и машинного обучения в ряде отраслей географии, особенно в картографии, в частности, в сфере дистанционного зондирования с применением беспилотных летательных аппаратов. Но главное, что отличает этот куст географических дисциплин будущего, – вовлечение географа в переработку объёмов информации, необходимых для оперативного принятия решений, автоматизация части интеллектуальной деятельности исследователя и создание экспертных систем, баз знаний и систем логического мышления. Нейросети в географии станут средством обработки географической информации, построения моделей нелинейной аппроксимации многомерных функций, прогнозирования процессов, зависящих от многих переменных, классификации и дифференциации параметров по многим признакам.

Второй вектор прослеживается на стыке с биологией. Получит развитие геногеография, которая продвинет решение проблем эволюции и расселения организмов, понимание движущей силы

географических факторов в видообразовании и адаптации организмов. В биогеографии мы приблизимся к построению системы периодических ниш, сможем перейти к географическому варианту таблицы Менделеева, что позволит оперировать генетикой организмов как индикатором освоения ими пространства, “растекания жизни”.

К геногеографии примыкает филогеография [32], развивающаяся на протяжении трёх последних десятилетий, но несомненно, что бурный её расцвет – впереди. Она, по всей вероятности, сможет объяснить, как исторические, геологические, экологические и климатические условия влияли и влияют на распространение видов, в том числе человека. Эта наука содержит в себе квинтэссенцию знаний об адаптационной природе жизни на Земле, её потенциале. Современная биогеография, судя по публикациям последних лет в международном журнале “Biogeography”, ориентирована именно на это направление. Филогеография объясняет эффект влияния на биоту дрейфа континентов, существования хребтов, течения рек как факторов внутривидовой дифференциации и генетических преобразований видов (собственно видообразования, эффектов пространственной изоляции, возникновения мутаций, механизмов конвергенции и адаптации).

Среди других научных направлений на стыке с биологией – биофизика ландшафта, элементы которой уже сегодня можно найти в исследованиях биогеографов и ландшафтоведов, оценивающих эффект средообразующей роли биоты на основе физических показателей освоения и преобразования среды. Наряду с геофизикой ландшафта (она развивается уже почти полвека), эта наука будущего позволит на стыке с экономикой монетизировать экосистемные услуги и по их востребованности обществом позициям (биопродукционным, климато- и водорегулирующим, почвозащитным, рекреационным и др.) определять вклад отдельных стран в экологическую стабильность планеты.

Третий вектор – появление в гуманитарном крыле географии новых научных отраслей, широко использующих возможности интернет-технологий, социальных сетей, данных мобильных операторов, банковских сетей, информационных систем транспортных пассажирских и грузовых перевозок, широкого онлайн-анкетирования. Уже не по крохам, а масштабно, буквально в реальном времени можно получать сведения о перемещении населения, разномасштабной миграционной ритмике и её направлениях, о географии потребления, предпочтений. Социальная и экономическая география получают не только новый инструментарий, но и новый смысл и свою зону ответственности в социальном пространственном мониторинге и принятии решений.

Четвёртый вектор – географо-экологический, основанный на новых технологиях получения информации об экологическом состоянии планеты в целом и интерпретации этой информации для принятия глобальных решений. Действенность международных соглашений и конвенций ООН, как показал опыт второй половины XX в. и двух первых десятилетия XXI столетия, невысока – документы носят рекомендательный характер, отмечается избирательность в соблюдении их требований, в конкурентной борьбе товаропроизводителей широко используются санкции, не прекращается оголтелая гонка вооружений, стремительно растёт потребление ресурсов. Глобальный экологический вызов не получил осмысления такого уровня, какое содержит учение о глобальном климате и его будущем на Земле – единой экосистеме с главным абсолютно целостным элементом – океаном и главенствующим фактором/компонентом – человеком. Только в XXI в. стало понятно, что экологический рай в отдельно взятой стране, будь то процветающая Западная Европа или США, создать невозможно. Все страны связаны и взаимозависимы, объединены трансграничными переносами загрязняющих веществ, участвуют в глобальных экономических и гуманитарных процессах – миграции населения, продовольственного обеспечения и т.д. Какой науке, как не географии, осмысливать эти процессы в будущем?

* * *

Ложное представление о том, что будущее Земли – только будущее её климата, смещает взгляд современной географии в сторону климатических прогнозов. Уже сейчас можно констатировать, что тематика климатических изменений, антропогенного потепления, палеоклиматических реконструкций в поисках хроносрезов-аналогов современной климатической обстановки доминирует в публикациях географического цикла. Среди научных журналов по географии преобладают издания климатической направленности, а практика грантовой поддержки, ориентированная на наукометрические показатели исследователей (импакт-фактор, цитирование, публикации в рейтинговых журналах), такова, что предпочтение отдаётся благодаря “актуальности” именно таким проектам. Практически все отрасли современной географии нацелены на изучение климатических изменений, роль других факторов (будь то рельеф, природные воды, биота, население, промышленность, транспорт) преуменьшается. В ста наиболее цитируемых современных публикациях головного института академической географии – Института географии РАН – около 60% составляют статьи, посвящённые изменениям климата и их влиянию на другие компоненты гео-

графической среды. На всю остальную географию, включая её классические направления – геоморфологию, географическую гидрологию, ландшафтоведение, картографию, биогеографию, географию населения, сельского хозяйства, промышленности и др. – приходится лишь 30–35% статей. Если это воспринимать как поступательное движение, то никакая цифровизация, информатизация, дистанционные методы и гуманитарные технологии не позволят избавиться от “климатического флюса” географии, явной недооценки ею гуманитарной составляющей [33, 34] и пространственного развития, которые и есть основа географии будущего.

Да, пока география не озаботилась своей футурологической составляющей. Но её предмет и методология формируются в наши дни. Мы уже понимаем, какими методами и технологиями будем изучать изменчивый мир, например, в 2050 г. Труднее понять, как будет меняться предмет общественной географии [34]. В науке сложилось представление, что мы будем жить в эпоху антропоцена, не питая иллюзий в отношении сохранения девственной природы и скорой минимизации воздействия на неё человека. География будущего нацелена на научное сопровождение смены технологий природопользования с целью уменьшения негативного воздействия на природу. Такое сопровождение могут обеспечить новые науки, которые уже вошли или вскоре войдут в семью географических наук: актуальная биогеография, геногеография и филогеография, биофизика ландшафта и ряд других. У нас есть все основания смотреть на меняющуюся картину мира без боязни: для её анализа и синтеза мы располагаем наукой будущего – географией.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Статья подготовлена в рамках государственного задания Института географии РАН № FMGE-2019-0007.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Краснов А.Н.* Основы землеведения. Харьков: Тип. Зильберберга, 1895.
2. *Вернадский В.И.* Памяти А.Н. Краснова // Природа. 1916. № 10. С. 1177–1184.
3. *Ретеюм А.Ю., Серебрянный Л.Р.* География в системе наук о Земле. М.: ВИНТИ, 1985.
4. *Марков К.К.* Палеогеография. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1960.
5. *Величко А.А.* Эволюционная география: проблемы и решения. Сб. избр. публ. М.: Геос, 2012.
6. *Гумилёв Л.Н.* По поводу предмета исторической географии (Ландшафт и этнос) // Вестник Ленинград. ун-та. 1965. № 18. Вып. 3. С. 112–120.
7. *Жекулин В.С.* Историческая география: Предмет и методы. Л.: Наука, 1982.

8. *Есаков В.А., Рахимбеков Р.У.* О предмете и содержании истории географии // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1988. № 4. С. 105–109.
9. *Голубчик М.М., Евдокимов С.П., Максимов Г.Н.* История географии. Учеб. пос. Смоленск: изд-во СГУ, 1998.
10. *Максаковский В.П.* Историческая география мира: Учеб. пос. / Под ред. Е.М. Гончаровой, Т.В. Зиничевой. М.: Экопрос, 1999.
11. *Стрелецкий В.Н.* Историческая география и регионалистика: пути и перспективы взаимодействия // Псковский регионологический журнал. 2007. № 5. С. 3–13.
12. *Mackinder H.J.* The geographical pivot of history // The Geographical Journal. 1904. № 4. P. 421–37.
13. *Марков К.К.* Два очерка о географии. М.: Мысль, 1978.
14. *Саушкин Ю.Г.* Прогноз в экономической географии // Вестн. МГУ, сер. геогр. 1967. № 5. С. 39–45.
15. *Саушкин Ю.Г.* Географическая наука в прошлом, настоящем, будущем. М.: Просвещение, 1980.
16. *Забелин И.М.* Физическая география и наука будущего. М.: Гос. изд-во геогр. лит-ры, 1963.
17. *Забелин И.М.* Физическая география и наука будущего. Изд. 2, доп. М.: Мысль, 1970.
18. *Тишков А.А.* Люди нашего племени. Очерки об учёных – учителях, друзьях, коллегах. М.: Институт географии РАН, 2012.
19. *Ефремов И.А.* Туманность Андромеды. М.: АСТ, 2015.
20. *Павлов Н.* География будущего // Вокруг света. 1960. № 6. С. 59–60.
21. *Век географии* / Под ред. В.М. Котлякова, О.Н. Соломиной, В.А. Колосова, А.А. Тишкова. М.: Дрофа, 2018.
22. *Котляков В.М.* География – одна из основ современного естествознания // Земля и вселенная. 2011. № 6. С. 3–16.
23. *Кокорин А.О.* Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014.
24. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). IPCC, Geneva, Switzerland.
25. *Bala G., Caldeira K., Mirin A. et al.* Multicentury Changes to the Global Climate and Carbon Cycle: Results from a Coupled Climate and Carbon Cycle Model // Journal of Climate. 2005. V. 18. Is. 21. P. 4531–4544.
26. Climate Change and Land. An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Summary for Policymakers. Bonn, 2019.
27. *Соломина О.Н.* Итоги 6-го оценочного доклада Международной группы экспертов по изменению климата. <https://ok.ru/scientificrussia/topic/153702063886414> (дата обращения 12.12.2021).
28. Мир в 2050 году / Под ред. Д. Франклина и Дж. Эндрюса. М.: Эксмо, 2012.
29. *Crutzen P.J., Stoermer E.F.* The Anthropocene // Global Change Newsletter. 2000. V. 41. P. 17–18; *Crutzen P.J.* We Live in the Anthropocene, So Will Our Grandchildren // Herald of the RAS. 2021. № 1. P. 13–16; *Крутцен П.Й.* Наши внуки, как и мы сегодня, будут жить в антропоцене // Вестник РАН. 2021. № 1. С. 82–86.
30. *Тишков А.А.* Биogeография антропоцена Северной Евразии // Изв. РАН. Сер. геогр. 2015. № 6. С. 7–23.
31. *Фатеев О., Носов Н.* Искусственный интеллект в географии. <https://www.iksmedia.ru/articles/5695009-Iskusstvennyj-intellekt-v-geografii.html> (дата обращения 12.12.2021).
32. *Avise J.C.* The history and purview of phylogeography: a personal reflection // Molecular Ecology. 1998. V. 7. P. 371–379.
33. *Тишков А.А.* Географическая этика в век глобализации // Век глобализации. 2021. № 3 (39). С. 3–18.
34. *Шупер В.А.* Век географии глазами географов // Изв. РАН. Сер. геогр. 2019. № 4. С. 139–140. <https://doi.org/10.31857/S2587-556620194139-140>