



Анализ опыта оценки природно-ресурсного потенциала и устойчивого развития территорий

П.Ю. Орлов¹✉, И.Г. Журкин¹, Н.Р. Камынина¹,
М.В. Литвиненко¹, И.Ю. Васютинский¹, В.Б. Непоклонов^{1,2}

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

² Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук

✉ knightrider3e0@gmail.com

ЦИТИРОВАНИЕ Орлов П.Ю., Журкин И.Г., Камынина Н.Р., Литвиненко М.В., Васютинский И.Ю., Непоклонов В.Б. Анализ опыта оценки природно-ресурсного потенциала и устойчивого развития территорий // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2023. Т. 67. № 4. С. 45–64. DOI:10.30533/GiA-2023-030.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА устойчивое развитие, природно-ресурсный потенциал, развитие территорий, ГИС, индикатор, интегральная оценка

АННОТАЦИЯ В данном исследовании приведен обзор научной литературы по концепции устойчивого развития территорий и их природно-ресурсном потенциале. Отмечен факт отсутствия устоявшихся общепринятых понятий «природно-ресурсный потенциал» и «устойчивое развитие». Рассмотрен опыт российских и зарубежных специалистов в части подходов к оценке природно-ресурсного потенциала и устойчивого развития. Продемонстрированы их преимущества и отмечены их недостатки. Выявлено, что преобладает стоимостный подход к их оценке, субъективный экспертный метод формирования весовых коэффициентов (например, метод анализа иерархий) и система частных индикаторов устойчивого развития. Также проведен анализ применения геоинформационных технологий в задачах оценки природно-ресурсного потенциала и экологической оценки. Определено место природно-ресурсного потенциала в оценке устойчивого развития регионов, сформулировано его определение в соответствующем контексте. Интегральный подход выбран в качестве основного подхода как для оценки самого природно-ресурсного потенциала (экономического субиндекса), так и для комплексного и объективного исследования текущего состояния и выполнения прогнозов по устойчивому развитию регионов. Метод энтропии для определения

веса каждого показателя устойчивого развития отмечается как более достоверный и лишенный субъективизма. По итогам работы сделан вывод о необходимости создания тематической межотраслевой web-ГИС, снабженной графическим компонентом радиальных диаграмм представления природно-ресурсного потенциала, для обеспечения контроля целевых показателей устойчивого развития исследуемого региона.

1 Введение

Реализация крупных логистических проектов, включая международные инициативы, такие как «Один пояс — один путь» (англ. — «One Belt – One Road»), открывает перед регионами, по территории которых планируется прохождение транспортных магистралей, новые возможности для экономического и социального развития. Для реализации подобных проектов необходимо оценить экологическое состояние территорий, прилегающих к маршруту, а также учесть и спрогнозировать природно-ресурсный потенциал регионов и его изменение вследствие реализации этих проектов.

Растущие потребности рационального использования природных ресурсов и обеспечения устойчивого развития (УР) территорий Российской Федерации вызывают необходимость разносторонней оценки природно-ресурсного потенциала (ПРП) интенсивно развивающихся регионов страны на основе комплексного использования пространственных данных, что затрудняется отсутствием научно-обоснованных подходов к их интеграции. Перспективы решения этой проблемы базируются на использовании результатов развития теории и методов мультикритериального геоинформационного моделирования природных и антропогенных процессов. Очевидна и перспектива оценки сценариев планирования, использования и восстановления природно-ресурсного потенциала регионов на основе web-ГИС технологий, т.к. именно геоинформационные системы являются необходимым средством для оперирования растровыми и векторными пространственными данными, табличными данными текущих динамических показателей мониторинговых систем, а также статистическими показателями, характеризующими состояние экономики, экологии и общества регионов, что требует постоянного анализа и информирования административных структур государственного управления.

Устойчивое развитие территорий неразрывно связано с природно-ресурсным потенциалом и требует учета экономического, социального, экологического, культурологического и прогностического аспектов [1], однако отсутствие единого подхода к оценке, равно как и многогранного понимания самой концепции снижает эффективность использования ПРП, не способствует улучшению качества жизни, осложняет охрану окружающей среды и долгосрочное планирование хозяйственной деятельности.

Проблема, связанная с исследованиями современного состояния природно-ресурсного потенциала, является объектом пристального внимания ученых на протяжении многих лет и по ней имеется достаточное число научных публикаций, основная часть которых посвящена методологическому и методическому подходам к экономической оценке отдельных видов природных ресурсов и эффективности их использования.

Целью статьи является анализ подходов российских и зарубежных специалистов, в том числе с применением геоинформационных технологий, в области оценки УР территорий, а также их ПРП и его роли в этой оценке.

2 Материалы и методы

2.1 Проблема трактовки понятия «природно-ресурсный потенциал»

К настоящему моменту в научном сообществе сформировалось множество определений понятия «природно-ресурсный потенциал», отличающихся широтой трактовки, подходами к оценке и связью с ролью человека в воздействии на окружающую среду. Самым первым было определение ученого-географа Н.А. Солнцева с позиции ландшафтоведения. Под природным потенциалом ландшафта он понимал «...те внутренние возможности, которые уготованы в ландшафте самой природой» и отмечал, что данный потенциал «...состоит из целого ряда частных потенциалов (геоботанических, почвенных, геоморфологических и т.д.), которые тесно связаны и оказывают влияние друг на друга» [2]. Им выделялись три группы потенциалов: положительные, отрицательные и нейтральные. Помимо этого, Солнцев также выделял и культурно-технический потенциал, под которым он понимал развитие и применение технологий во благо общества, определяющие «возможности использования человеком природного ландшафта». По сути, им отстаивалась антропоцентрическая геоэкология, т.к. природный потенциал ландшафта не может быть реализован без участия человека: «...иметь возможность, на основе своих знаний, активно вмешиваться... переделывать ландшафты по-своему, заставляя все их потенциальные возможности служить человеку» [3].

Классическое определение профессора Реймерса характеризует ПРП как «часть природных ресурсов, которая может быть вовлечена в хозяйственную деятельность на конкретной территории при данных технических и социально-экономических возможностях общества с условием сохранения среды жизни человека», либо как «способность природных систем без ущерба для себя предоставлять необходимое для экономического развития количество и качество природных ресурсов, обеспечить воспроизводство постоянно нарушаемого естественного состояния и использованных ресурсов в сложившихся условиях хозяйствования» [4]. Под этими определениями автор понимал, что в сложившихся условиях хозяйствования нужно сохранять естественное состояние природной системы. Вместе с тем, никакого математического обоснования для его расчета не приводилось.

В узком смысле под природно-ресурсным потенциалом понимается «совокупность природных ресурсов территории, использующихся в хозяйстве по возможности, учитывая достижения научно-технического прогресса»¹. Однако оно не раскрывает всю свою сущность, приравни-

¹ Интернет словарь «Академик». Финансовый словарь. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://dic.academic.ru/dic.nsf/fin_enc/27777 (дата обращения: 28.07.2023).

вая природные ресурсы к природно-ресурсному потенциалу. В приказе Министерства природных ресурсов и экологии РФ² фигурирует следующее определение: «это совокупность природных ресурсов, объектов, средообразующих факторов и условий (включая климатические, геологические, гидрологические и другие условия), использующиеся (или могут использоваться) в процессе хозяйственной или иной деятельности». Трактую данный документ, ПРП близок к понятию «природно-ресурсный комплекс» – комплекс, выполняющий ресурсовоспроизводящую и средообразующую функции, и, с учетом природно-производственных взаимосвязей, преобразующийся в новую «полифункциональную систему». Применяя экономический подход без учета экологической составляющей можно описать природно-ресурсный потенциал как «часть запаса природных ресурсов региона, которая может быть добыта и вовлечена в экономический процесс, исходя из технических (технологических) возможностей и оценки экономической целесообразности» [5]. В работе [6] представлено нехарактерное для российских работ определение ПРП как числового (интегрального) показателя в масштабах региона: «это интегральный показатель, адекватно отражающий тенденции динамических изменений природной среды региона в ходе ее естественной эволюции и под воздействием внешних (природно-климатических и антропогенных) факторов», но данное определение не уточняет, какие компоненты входят в предлагаемый показатель. С другими трактовками природно-ресурсного потенциала можно ознакомиться в работах [7–9].

Выделяется и частный случай ПРП – природно-аграрный потенциал, присущий природным ландшафтам. Под ним понимается «пригодность агроклиматических и почвенных ресурсов ландшафтов для производства растительной сельскохозяйственной продукции без проявления негативных экологических процессов, связанных с их сельскохозяйственным освоением» [10].

Относительно составляющих ПРП также нет единой позиции. Так в работе [11] выделяют 7 категорий ресурсов, объединяющих индикаторы природно-ресурсного потенциала: земельные, лесные, минерально-сырьевые, а также водные, биологические, агроклиматические и рекреационные ресурсы. При этом чаще всего исследуются и оцениваются только первые 3 группы. В работе [7] приводится так называемая «ресурсная» часть ПРП, состоящая из минеральных, земельных, водных и биологических ресурсов. Тот же автор в работе [12] в своем исследовании выделяет земельный потенциал, потенциал полезных ископаемых, потенциал водных ресурсов, потенциал флористических ресурсов, потенциал фаунистических ресурсов. Также предлагается рассматривать ПРП как интегральное единство частных потенциалов: биотической продуктивности, минерально-сырьевого потенциала, водного потенциала, застройки, потенциала устойчивости к нарушениям, потенциала самоочищения, биотической регуляции и рекреационного потенциала³. В качестве синонимов природно-ресурсного потенциала в этой же работе отмечаются понятия «природно-пространственный потенциал», «геопотенциал» и «ресурсно-экологический потенциал».

2 Приказ Минприроды РФ от 23.12.1993 г. № 273 «Об утверждении Временного положения о порядке выдачи лицензий на комплексное природопользование».

3 Гилёва Л.Н., Веселова М.Н. Потенциал земли и природных ресурсов. Учебное пособие. Омск: Изд-во ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина, 2015. 112 с.

В результате можно выделить следующие ключевые положения в определении сущности природно-ресурсного потенциала, — это:

- особенности среды, заложенные природой;
- ресурсы, изымаемые человеком для хозяйственной деятельности;
- сохранение природной системы при внешних антропогенных воздействиях.

Нужно отметить, что ПРП представляет собой природный комплекс, которому присущи тесные взаимосвязи и иерархическая соподчиненность всех его составляющих [13]. Напротив, определение его количественной величины или качественной характеристики приводит к тому, что ПРП определяется как совокупность отдельных природных ресурсов, участвующих в оценке, и не увязывается с понятием «географический комплекс» [14]. Т.е. путем математических операций над отдельными рассматриваемыми его компонентами происходит редуцирование внутренних связей и скрытых от исследователя особенностей системы до числового показателя, неспособного характеризовать свойства, не присущие ее элементам по отдельности. Таким образом, необходима комплексная оценка ПРП как единой системы, обладающей свойством эмерджентности, однако такой подход в настоящее время не разработан, поэтому его оценка осуществляется путем объединения показателей и, фактически, приводит лишь к грубому анализу природно-ресурсного потенциала.

2.2 Оценка природно-ресурсного потенциала

На данный момент нет единого подхода и к оценке ПРП. Так в работе [7] приводится 15 подходов оценивания ПРП: стоимостная оценка, количественная оценка, интегральная оценка, рентная оценка и др. Стоимостная оценка на основе текущих мировых и внутренних цен на природные ресурсы является наиболее распространенной среди сторонников экономического подхода к ПРП и представлена в формуле (1). В общем виде стоимостная оценка ПРП на уровне региона выглядит так:

$$1 \quad \text{ПРП}_{\text{рег}} = C_{\text{НВ}} + C_{\text{В}},$$

где $C_{\text{НВ}}$ — стоимостная оценка невозобновляемых природных ресурсов (минерально-сырьевых) региона (ден. ед.); $C_{\text{В}}$ — стоимостная оценка возобновляемых природных ресурсов (земельных, лесных, водных ресурсов, биоразнообразия) региона (ден. ед.) [13].

В работе [5], сконцентрированной на экономическом подходе к оценке ПРП, предлагается использовать показатель доступности ресурса, как отношение фактической (текущей) цены на природный ресурс P^f к его минимальной цене P^c , обеспечивающей его безубыточную добычу или использование:

$$2 \quad D = P^f / P^c,$$

если $D > 1$, то исследуемый природный ресурс можно эксплуатировать. Также вводится показатель эластичности ПРП по показателю рыночной цены:

$$3 \quad e_{\Delta P^f} = P^f / E \times (E_{\Delta P^f} - E) / \Delta P^f,$$

где ΔP^f – изменение рыночной цены; $E_{\Delta P^f}$ – изменение экономической оценки ПРП за счет изменения рыночной цены.

По традиционной методике ПРП региона определяется как сумма отдельных его компонентов [8]:

$$4 \quad \text{ПРП}_{\text{Per}} = \sum_{i=1}^n Q_i p_i$$

где Q_i – стоимостная оценка i -го ресурса, p_i – весовой коэффициент.

Ее слабой стороной является использование одних и тех же весовых коэффициентов для разных исследуемых территорий, что приводит к завышению оценок. Напротив, «веса» ресурсов должны изменяться в зависимости от природных условий, в которых они находятся.

В работе [15] приводится интегральный показатель эффективности использования ПРП региона на примере Южного федерального округа:

$$5 \quad \theta^* = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_r}{\sum_{i=1}^m w_i^* x_i}$$

где u_r^* – весовые коэффициенты для субиндикаторов ($r = 1, \dots, s$), w_i^* – весовые коэффициенты для входов ($i = 1, \dots, m$), x_i и y_r – субиндикаторы.

В качестве субиндикаторов использовались:

- x_1 – площадь земель сельхозугодий, га;
- x_2 – протяженность автодорог общего пользования местного значения, км;
- x_3 – выброс в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, тыс. тонн;
- x_4 – сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (оценка), млн м³;
- x_5 – плотность населения, чел. на км²;
- y_1 – объем валового регионального продукта, тыс. руб.

К слабым сторонам предлагаемой оценки следует отнести экспертный подход к определению весовых коэффициентов и малое количество участвующих категорий ресурсов-индикаторов. Проверить результаты данной работы не представляется возможным, поскольку к настоящему моменту соответствующая тематическая ГИС ПРП южного макрорегиона не представлена в сети Интернет, упоминаний о ней в других работах и порталах также нет.

Существует модель эколого-экономических зон профессора Питера Алана Виктора для оценки влияния экономического роста на загрязнение среды [16]. В России, например, она использовалась для экологической оценки экономического роста в Республике Коми [17]. В данной оценке используются два удельных показателя экологической интенсивности. Так в формуле (6) используется стоимостный удельный показатель:

$$6 \quad \text{ЭИ}_{\text{ВРП}} = \text{ЭН} / \text{ВРП},$$

где ЭН – экологическая нагрузка; ВРП – валовой региональный продукт (руб.).

В формуле (7) же задействован натуральный удельный показатель:

$$ЭИ_{\text{чн}} = ЭН / \text{ЧН},$$

где ЭН – экологическая нагрузка; ЧН – численность населения региона (чел.) [17].

При оценке природно-ресурсного потенциала может использоваться балльно-индексный метод: в зависимости от объемов ресурсов им присваивается то или иное значение в баллах [18]. Проблема же возникает при составлении шкалы их значений, т.к. нужно знать актуальную и динамически изменяющуюся величину их запасов. Кроме того, отмечается субъективность данного подхода. Тем не менее, автор работы [18] в своем исследовании все же использовал стоимостную оценку ПРП с учетом текущей, а, значит, конъюнктурной, зависящей от настроений на сырьевой бирже, экономической ценности в рублевом эквиваленте.

В работе [19] предлагается использовать индикативный метод для оценки эффективности использования ПРП. Используемые показатели делятся на две категории: факторы прямого воздействия (экологические и технико-экономические факторы) и факторы косвенного воздействия (внеэкономические, финансовые, кредитно-денежные, институциональные и социальные факторы). В предлагаемой оценке участвовало 8 ключевых показателей из названных выше категорий:

- лесовосстановление;
- степень эродированности сельхозугодий;
- инвестиции в природоохранную деятельность;
- энергоемкость;
- интенсивность загрязнения водных ресурсов;
- интенсивность загрязнения атмосферы;
- интенсивность образования отходов;
- коэффициент износа основных фондов.

Автор работы [7] отмечает, что данный индикативный метод достаточно универсален и при условии учета специфики исследуемого региона путем адаптации набора показателей может быть применен для разных территорий. Очевидно, что для полной оценки необходимо также учитывать биологические, агроклиматические и рекреационные ресурсы.

На основе рассмотренных выше работ можно выделить следующие особенности и используемые подходы к оценке ПРП:

- стоимостная оценка концентрируется на ресурсах и их ценности для хозяйственной деятельности;
- не учитываются факторы природной среды исследуемого региона, например, редкость ресурса и уязвимость среды при его добыче;
- не учитывается предел извлечения ресурса для его доступности в будущем;
- интегральная, балльная и индикативная оценки применяются ограниченно, не описывая природно-ресурсный потенциал всесторонне.

Следует также рассмотреть вопрос применения геоинформационных технологий при оценке природно-ресурсного потенциала. Для этих целей ГИС используются лишь локально, эпизодически и бессистемно, без полного задействования их функционального потенциала. Чаще всего для решения задач оценки и представления ПРП применяются настольные ГИС, такие как коммерческие ArcGIS и MapInfo. Свободно распространяемые ГИС, например, QGIS, SAGA GIS, GRASS и другие системы, используются для этих

целей значительно реже. Так архитектура ГИС ПРП южного макрорегиона, которая была упомянута ранее [15], была реализована по принципу разделения на web-составляющую, которая базировалась на средстве разработки ArcGIS Online и служила для представления результатов оценки пользователям, и настольную составляющую на базе коммерческой ГИС ArcGIS Desktop 10 для управления проектом, выполнения расчетов и взаимодействия с базой данных (БД). По заявлениям автора, БД включала векторные и растровые пространственные данные, а также исходные численные данные по разным категориям для выполнения оценки ПРП и сами результаты расчетов. Очевидно, что использование зарубежного коммерческого программного обеспечения влечет за собой риски при реализации проектного ядра системы. Подключение к проекту сторонних источников данных также осложняется, ввиду настольной реализации управляющего компонента.

В работе [20] на базе QGIS в рамках одного проекта была разработана цифровая карта обращения с твердыми бытовыми отходами с сопутствующими санитарно-защитными зонами, и инвентаризационная карта зеленых насаждений. Стоит отметить, что оценки загрязняющей составляющей от отходов и растительного покрова определенно недостаточно для модельного описания устойчивого развития. Структура базы геоданных и возможности геоанализа авторами не приводятся. Результаты численной оценки также не представлены.

В работе [21] использовалась ГИС MapInfo для разработки цифровой карты ПРП Колпашевского района Томской области, отражающей административные границы района, обеспеченность водными, земельными, минеральными и другими ресурсами. В качестве источника данных выступил портал Администрации Томской области. Однако нужно отметить, что карта формировалась с позиции наглядности и информативности при ее печати на твердых носителях, в том числе с использованием картодиаграмм. Вопрос экспорта данных в глобальную сеть Интернет не рассматривался.

К сожалению, несмотря на присутствие аббревиатуры «ГИС» в названиях работ [22–24], в них ничего не говорится о конкретных методах геоинформационного моделирования и пространственного анализа с целью проведения экологической оценки различных геосистем; присутствуют лишь декларативные заявления о перспективности использования геоинформационных систем в данной отрасли. Приводятся результаты оценки устойчивости различных экосистем северо-запада России на основе применения следующей методики: определяются критерии и параметры оценки; осуществляется линейная свертка показателей с целью получения безразмерных значений; выделяются классы экологического благополучия на числовом отрезке $[0, 1]$, на основе которых составляется оценочная шкала, в которой количественные значения критериев оценки соотносятся со степенью экологического благополучия.

При представлении результатов оценки природно-ресурсного потенциала для массового пользователя можно достичь большей эффективности, используя наглядный способ с применением радиальных диаграмм, отказавшись от громоздкого табличного отображения множественных показателей. К слову, диаграммы являются распространенным графическим компонентом отображения в современных web-ГИС. Наиболее понятным и емким примером является радиальная диаграмма представления ПРП районов Республики Башкортостан (Рис. 1) [25]. Использование цветных

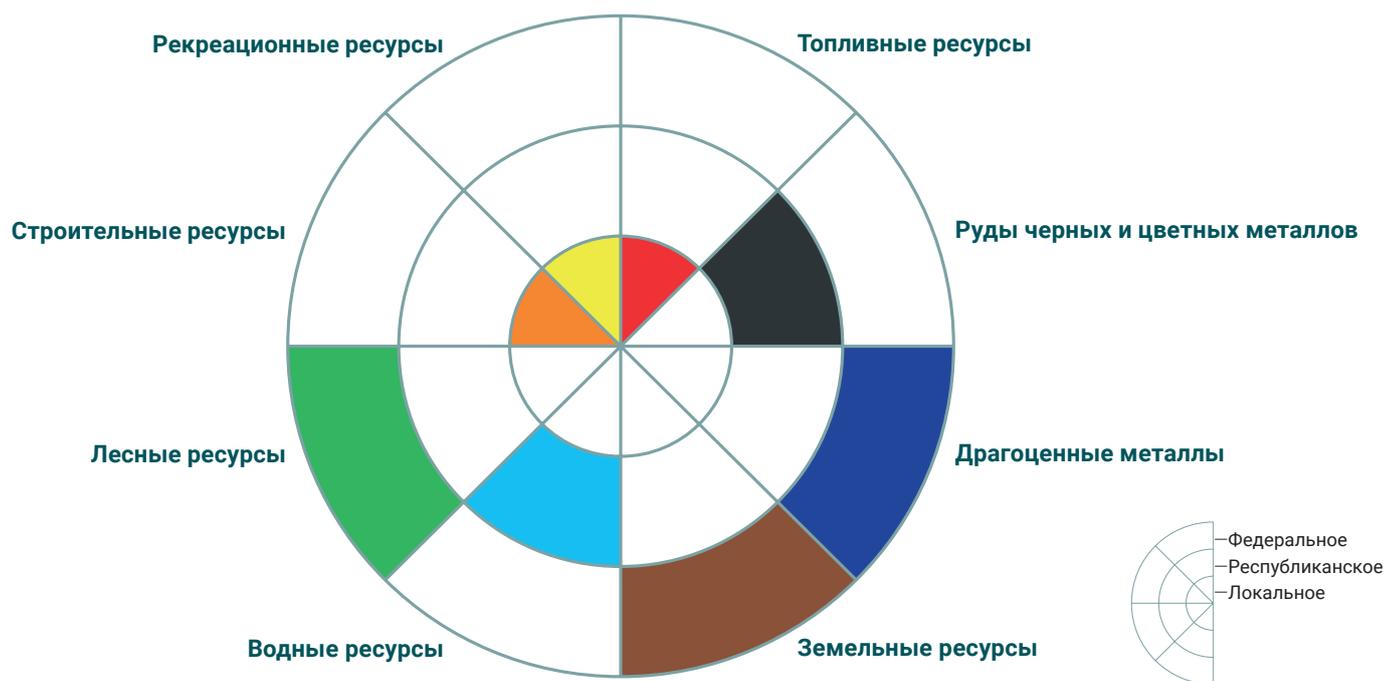


Рис. 1 Отображение природно-ресурсного потенциала с помощью радиальной диаграммы с цветными секторами [25].

секторов исследуемых категорий ПРП повышает ее читаемость по сравнению с часто используемым многоугольным отображением, а трехуровневый масштаб важности ресурса в зависимости от уровня административной единицы позволяет оценить вклад субъекта в общий природно-ресурсный потенциал страны. Вместе с тем, интеграция числовых показателей результатов оценки в данные диаграммы с помощью современных программных средств выглядит весьма перспективной.

2.3 Концепция устойчивого развития

Термин «устойчивое развитие» введен Международной комиссией ООН по окружающей среде и развитию в 1987 г. для характеристики развития, при котором «удовлетворение потребностей настоящего времени не подрывает способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности»⁴, хотя научная активность по этому направлению отмечалась в российских и зарубежных академических кругах еще в 1960–1970-е гг. [26–28]. Вот уже более 30 лет в литературе по УР ведется непрерывная дискуссия о взаимосвязи между устойчивым развитием и экономическим ростом [29]. Дебаты в целом сводятся к тому, что часть ученых считает, что эти два понятия несовместимы, другие же, напротив, утверждают, что экономический рост является важным компонентом для достижения устойчивого развития. Некоторые различия в этих позициях можно объяснить географическим контекстом: те, кто фокусирует исследования на Севере земного шара, обычно подчеркивают ограничения роста; те же, кто исследует глобальный Юг, подчеркивают необходимость роста [30]. При оценке стоимости природных ресурсов есть два отдельных аспекта: первая задача — это оценить их ценность

⁴ Наше общее будущее. Доклад Всемирной комиссии по вопросам окружающей среды и развития. ООН. 04 августа 1987 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.un.org/ru/ga/pdf/brundtland.pdf> (дата обращения: 28.07.2023).

сегодня и в будущем, вторая же — это оценить, чего будут стоить усилия по сохранению ресурсов для нас сегодня.

На текущий момент существует две основные трактовки концепция устойчивого развития [31]. Первая ориентирована на обеспечение воспроизводимости ограниченных ресурсов, и основной акцент делается на экологическую составляющую устойчивости. Вторая же делает упор на социальных и экономических аспектах устойчивости, в результате «устойчивое развитие» по смыслу ассоциируется с понятием «устойчивый экономический рост». Многие определения УР, формулируемые российскими специалистами, базируются именно на экономическом подходе. Но есть и исключения. Так экономист-реформатор Л.И. Абалкин понимал под ним кооперацию человека с биосферой, а А.Н. Азрилиян — «переход к более совершенному состоянию». Казахский эколог С.Г. Куратов рассматривал устойчивое развитие как «поддержание равновесия, не дающее угаснуть природе и цивилизации». Академик Н.Н. Моисеев в своей работе [32] отмечал необходимость разработки стратегии перехода общества к состоянию равновесия, при котором антропогенная нагрузка и возможности восстановления природы сбалансированы, а также достигается стабильность биохимических циклов. Кроме того, по его мнению, развитие мировой экономики, цивилизации в целом, и каждой страны, в частности, не будет происходить по траектории устойчивого роста, как это описывают представители глобального Севера, начиная с 1980-х гг. XX века, а будет путем непрерывных поисков, с многочисленными кризисами, взлетами и падениями.

Определение УР с точки зрения экономического взгляда на ресурсы выглядит следующим образом [33]: «Развитие является устойчивым, если происходит приращение интенсивного типа развития экономических систем. Инвариантом, характеризующим устойчивое развитие, является наличие интенсификации в использовании ресурсов». Согласно работе [34], насчитывается около 100 различных определений УР от коллективов авторов, однако, несмотря на это, отсутствует общепринятое определение [35]. Можно сформулировать определение «устойчивого развития» как модели производства, которая направлена на достижение лучших экономических результатов, как для людей, так и для природной среды не только в настоящем, но и в неопределенном будущем [36]. Ее основным элементом является баланс между производством товаров и сырьем, которое расходуется для достижения производства. Поэтому целью устойчивых процессов является достижение большего объема производства при меньших затратах сырья.

2.4 Подходы к оценке устойчивого развития

Генеральной Ассамблеей ООН в соответствующей резолюции определены 17 основных целей устойчивого развития⁵, однако они носят декларативный характер и не снабжены соответствующим методическим обеспечением в части его оценки и контроля достижения целевых показателей.

⁵ Резолюция Генеральной Ассамблеей ООН от 25 сентября 2015 года № 70/1. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года.

Для оценки УР научным сообществом используются два основных подхода: система частных индикаторов и интегральная оценка. В первом подходе для измерения экономического, социального и/или экологического аспекта устойчивого развития используется один или несколько частных индикаторов [37]. Подобные системы индикаторов отличаются числом показателей, упором на тот или иной аспект развития, но почти все они применяются в масштабах страны или целого мира, а не отдельного региона или более мелкой административно-территориальной единицы. Некоторые страны разрабатывают собственные наборы показателей для планирования УР. Однако и они не лишены недостатков: так в стратегии устойчивого развития Великобритании отмечается недостаток экологических показателей [38].

В Таблице 1 представлены основные индикаторы, применяемые для оценки УР, разработанные различными организациями: ООН, Всемирным банком, Всемирным экономическим форумом и др. [39]. Некоторые из них не раз подвергались критике за необъективный подход к оценке и недостаточную выборку исходных данных для выполнения расчетов (например, индексы EPI и LPI).

Таблица 1 
Структура индикаторов устойчивого развития.

Индикатор	Число показателей	Доля экономического аспекта (%)	Доля экологического аспекта (%)	Доля социального аспекта (%)	Описание
Индекс изменения благосостояния (Change in Wealth Index или CWI)	3	100	–	–	Представляет собой составной индекс, состоящий из ключевых переменных владения активами; он используется в качестве косвенного показателя благосостояния домохозяйства.
Экологический след (Ecological Footprint или EF)	6	–	100	–	Индекс биофизических показателей. Данный индекс является мерой продуктивной площади суши и моря, необходимой для производства продуктов питания и волокна, а также в возобновляемой форме – энергии, потребляемой при различных образцах жизни внутри стран и между ними.
Индекс экологической эффективности (Environmental Performance Index или EPI)	40	–	92,5	7,5	Индекс позволяет оценить, насколько страны близки к установленным целям экологической политики.
Индекс экологической устойчивости (Environmental Sustainability Index или ESI)*	21	–	71,5	19	Сводный индекс, охватывающий 21 основной фактор, способствующие экологической устойчивости. Заменен на EPI после 2005 г.
Индекс подлинных сбережений (Genuine Savings Index или GSI)	9	22,2	66,7	11,1	Индекс подлинных сбережений призван отражать стоимость чистого изменения всего спектра активов, важных для устойчивого развития: произведенных товаров, природных ресурсов, качества окружающей среды и человеческих ресурсов. Предназначен для измерения чистого ежегодного прироста или уменьшения национального богатства.

Индикатор	Число показателей	Доля экономического аспекта (%)	Доля экологического аспекта (%)	Доля социального аспекта (%)	Описание
Индекс глобального благополучия (Global Well-Being Index или GWI)**	5	20	–	80	Набор показателей, отражающих элементы человеческого благополучия и благополучия экосистем и объединяющих их для построения «барометров» устойчивости.
Индекс человеческого развития (Human Development Index или HDI)	3	33,3	–	66,7	Представляет собой статистический составной индекс ожидаемой продолжительности жизни, средней продолжительности обучения в школе и общей ожидаемой продолжительности обучения при поступлении в ВУЗ и показателей дохода на душу населения.
Международный индекс счастья (Happy Planet Index или HPI)	8	–	75	25	Значение данного индекса равно функции от средней субъективной удовлетворенности жизнью, ожидаемой продолжительности жизни при рождении и экологического следа на душу населения.
Индекс устойчивости общества (Sustainable Society Index или SSI)	21	19	43	33	Предназначен для измерения уровня устойчивости страны или региона. Он охватывает понятие «устойчивое развитие» в широком смысле, включая благополучие человека, благополучие окружающей среды и экономическое благополучие. Отмечается как один из наиболее сбалансированных индексов.
Индекс живой планеты (Living Planet Index или LPI)*	3	–	100	–	Предназначен для оценки популяций видов животных в лесах, пресноводной и морской среде.
Индекс экологического давления (Environmental Pressure Index или EPI)**	48	12,5	87,5	–	Набор сводных показателей для конкретных экологических нагрузок, таких как подкисление почв или выбросы парниковых газов.
Индекс скорректированных чистых накоплений (Adjusted Net Savings Index или ANSI)	7	71,4	28,6	–	Описывает изменение общего благосостояния с учетом истощения ресурсов и экологического ущерба.
Индекс устойчивого экономического благосостояния (Index of Sustainable Economic Welfare или ISEW)	7	57,1	14,3	28,6	Представляет собой скорректированный показатель ВВП, отражающий потери благосостояния от экологических и социальных факторов.
Индикатор подлинного прогресса (Genuine Progress Indicator или GPI)	26	26,9	34,6	38,5	Представляет собой скорректированный показатель ВВП, отражающий потери благосостояния от экологических и социальных факторов. Расширенный вариант индекса ISEW.
Индекс экологической уязвимости (Environmental Vulnerability Index или EVI)	50	6	80	14	Этот индекс предназначен для использования с индексами экономической и социальной уязвимости, чтобы дать представление о процессах, которые могут негативно повлиять на устойчивое развитие стран.

* Равновзвешенный индекс, чьи компоненты имеют одинаковый вес, а затем агрегируются.

** Неравновзвешенный индекс, некоторым компонентам которого присваивается больший вес, чем другим.

Авторы работы [39] предложили нормализованный средний индекс устойчивости (NASI), который рассчитывается как средний индекс из первых девяти частных индикаторов, представленных в Таблице 1: CWI, EF, EPI, ESI, GSI, GWI, HPI, HDI и SSI. Средний индекс устойчивости формируется путем усреднения всех нормализованных индексов устойчивости с использованием следующего выражения:

$$8 \quad \bar{I}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{N_{ij}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{I_{ij} - I_{ij\min}}{I_{ij\max} - I_{ij\min}},$$

где I – индекс устойчивости, N – нормализованное значение, i – тип индекса устойчивости, j – страна, $n = 9$.

Авторы работы [40] предложили составной индекс УР $I_{\text{СУР}}$ для отслеживания интегрированной информации об экономической, экологической и социальной эффективности на уровне компании с течением времени. Нормализованные показатели объединены в три субиндекса устойчивости и сведены в общий показатель эффективности работы компании. Расчет индекса $I_{\text{СУР}}$ представляет собой пошаговую процедуру группировки различных базовых показателей в субиндекс устойчивости $I_{C,j}$ для каждой группы показателей j . Далее выполняется оценка влияния каждого показателя (положительного или отрицательного), нормализация показателей и определение их весовых коэффициентов по методу анализа иерархий. Затем выполняется расчет субиндексов. Субиндексы могут быть получены в соответствии с выражениями:

$$9 \quad I_{C,jt} = \sum_{jit}^n W_{ji} \cdot I_{H,jit}^+ + \sum_{jit}^n W_{ji} \cdot I_{H,jit}^-,$$

$$10 \quad \sum_{ji}^n W_{ji} = 1, W_{ji} \geq 0,$$

где $I_{C,jt}$ – субиндекс устойчивости для группы показателей j в момент времени t . W_{ji} – вес показателя i для группы показателей устойчивости j .

Наконец, субиндексы УР объединяются в составной индекс устойчивого развития $I_{\text{СУР}}$, рассчитываемый согласно уравнению:

$$11 \quad I_{\text{СУР},t} = \sum_{jt}^n W_j \cdot I_{C,jt},$$

где W_j – фактор, представляющий априорный вес, присваиваемый группе j показателей УР. Эти веса должны отражать иерархию и/или приоритеты, по мнению лиц, принимающих решения. Веса отражают важность, присвоенную экономическим, экологическим и социальным показателям деятельности компании, соответственно. Слабой стороной предлагаемого индекса является субъективность при формировании весовых коэффициентов.

Второй подход подразумевает определение единой интегральной величины УР на основе множества показателей, характеризующих различные аспекты состояния общественно-природной системы [37]. Примером данного подхода может служить работа [31]. Устойчивость развития региона ($Y^{\text{пер}}$) можно выразить в виде:

$$12 \quad Y^{\text{пер}} = \{Y_{\text{экол}}, Y_{\text{соц}}, Y_{\text{экон}}\},$$

где $Y_{\text{экол}}$ — экологическая устойчивость, $Y_{\text{соц}}$ — социальная устойчивость, $Y_{\text{экон}}$ — экономическая устойчивость.

Экологическая устойчивость количественно определяется как отношение годового экологического ущерба $Y_{\text{пр.год}}^{\text{б}}$ (тыс. руб.) к накопленному экологическому долгу $D_{\text{экол}}$:

13 ➤

$$Y_{\text{экол}} = Y_{\text{пр.год}}^{\text{б}} / D_{\text{экол}}$$

Сложность выражается в корректном подсчете ущерба биосфере, а также биоемкости и экологического следа от антропогенной деятельности в пределах исследуемого региона, что осложняет применение данной формулы.

Для оценки социальной устойчивости следует использовать следующую формулу:

14 ➤

$$Y_{\text{соц}} = Y_1^c \cdot Y_2^c \cdot Y_3^c \cdot Y_4^c \cdot Y_5^c \cdot Y_n^c,$$

где $Y_1^c, Y_2^c, Y_3^c, Y_4^c, Y_5^c$ — параметры устойчивости уровня жизни населения, на рынке труда, демографии, криминогенной обстановки, обеспечения продовольствием и др., соответственно.

Экономическая устойчивость региона выражается в следующей формуле:

15 ➤

$$Y_{\text{экон}} = Y_1^{\text{э}} \cdot Y_2^{\text{э}} \cdot Y_3^{\text{э}} \cdot Y_4^{\text{э}} \cdot Y_n^{\text{э}},$$

где $Y_1^{\text{э}}, Y_2^{\text{э}}, Y_3^{\text{э}}, Y_4^{\text{э}}, Y_n^{\text{э}}$ — компоненты экономической устойчивости региона, соответственно: производственные мощности, трудовые ресурсы, динамика капитальных вложений, конкурентоспособность производства и др.

В задачах оценки ПРП и УР при определении весов показателей обычно используются субъективные методы с фиксированным весом, например метод анализа иерархий или дельфийский метод, которые могут привести к колебаниям в весах показателей из-за субъективных элементов. Объективные методы фиксированного веса, например, энтропийный метод, могут сделать результаты более повторяемыми, поскольку они основаны на существенных критериальных фактах, определяющих веса показателей. Метод энтропии применяется, в основном, для определения объективных весов критериев оценки, которые опираются на степень вариации показателей в системе.

Как правило, показатель с существенным уровнем изменений имеет более высокий вес. Вес энтропии — это параметр, который описывает, насколько сильно альтернативные подходы отличаются друг от друга по отдельным критериям. Потенциально слабым местом подобного метода определения весов является то, что показатели, обладающие большей вариативностью значений, не обязательно будут обладать большей важностью, но при этом им будет присвоен больший весовой коэффициент.

В работе [41] метод энтропии был использован для определения веса каждого показателя, входящего в 4 ключевые компонент оценки природно-ресурсного потенциала и инвестиционных рисков проекта «Один пояс — один путь» (Рис. 2). В качестве компонент выступили экономическая

Рис. 2 ➤

Маршруты Старого Шелкового пути и столицы Австрии, России и Китая (сцена визуализирована с помощью библиотеки Cesium).



основа, политический риск, экологический риск и ПРП для оценки риска зарубежных инвестиций Китая и потенциала природных ресурсов в регионах проекта. Инвестиционный риск оценивался по трем параметрам: экологический риск, политический риск и экономическая основа. Была выполнена классификация 36 показателей для оценки компонент из базы данных World Development Indicators (WDI), Worldwide Governance Indicators (WGI) и International Country Risk Guide (ICRG). Для оценки показателей и ранжирования результатов каждой страны был применен многокритериальный метод принятия решений TOPSIS. Стоит отметить, что в результате данного исследования показатель экономической основы Российской Федерации был оценен на том же уровне, что и у таких стран, как Шри-Ланка, Бутан и Бруней, и вдвое хуже, чем у Турции, что расходится с макроэкономическими показателями этих стран, включая инфляцию [41].

3 Результаты и обсуждение

Реализация трансконтинентальных проектов логистического назначения требует оценки инвестиционных и экологических рисков для прогнозирования изменения природно-ресурсного потенциала регионов и успешного выполнения строительных работ. Поскольку до настоящего времени не был сформирован общепринятый термин ПРП, можно предложить следующее определение природно-ресурсного потенциала в контексте устойчивого развития – это обобщенный показатель (экономический субиндекс) ресурсной обеспеченности, участвующий в интегральной оценке УР исследуемого региона наряду с экологическим и социальным показателями, и характеризующий состояние земельных, лесных, минерально-сырьевых, а также водных, биологических, агроклиматических и рекреационных ресурсов.

Проведенный анализ российской и зарубежной литературы дает понять, что на текущий момент, несмотря на многочисленность работ по этой теме, отсутствуют общепринятые алгоритмы оценки, анализа и прогнозирования УР экономических систем [33]. При этом, понятие «устойчивое развитие» по-прежнему остается спорным, как с точки зрения формальной логики (устойчивое развитие, как неизменное изменение), так и с точки зрения перевода оригинального английского термина «sustainable development», которое должно переводиться скорее как «самоподдерживающееся развитие».

Ранее упоминавшаяся стоимостная оценка ПРП критиковалась и в контексте УР. Так в работе шведского профессора Содербаума из Стокгольмского института природных ресурсов [42] приводился критический анализ затрат и выгод. В частности, автор утверждал, что простое включение денежной стоимости представляет собой случай «денежного редуционизма», т.е. что все компоненты элемента (например, благосостояние) могут быть сведены к денежной стоимости. Это еще раз подчеркивает, что исключительно экономический подход к оценке природно-ресурсного потенциала и компонентов устойчивого развития, с учетом текущих биржевых цен, подлежит пересмотру.

Применение отдельных индикаторов для оценки УР небольших регионов и отдельных районов к настоящему моменту практически не используется. Однако использование усредняющего индекса выглядит перспективным, хотя и требует более детальных исследований. В частности, не ясно,

как исключить повторяемость входных данных в разных индексах, подвергающихся усреднению и нормализации. Интегральный подход, задействующий максимально возможный набор показателей, характеризующих экологию, экономику и общество исследуемого региона, является наиболее предпочтительным для комплексной и объективной оценки текущего состояния и выполнения прогнозов по развитию регионов. Природно-ресурсный потенциал, при этом, выступает в качестве экономического субиндекса при оценке величины УР. Оценка следует производить с заданной периодичностью, а не на один дискретный момент времени. Важно четко произвести группировку входных показателей, разделив между собой природно-ресурсные (экономические) и экологические (Рис. 3). При этом следует избегать субъективного подхода при формировании весовых коэффициентов.



Рис. 3 Общая схема расчета составного индекса устойчивого развития [40].

Нужно отметить, что все составляющие интегральной оценки сами по себе могут выступать в качестве системы частных индикаторов, а те, в свою очередь, в качестве природно-ресурсных, экологических и социальных показателей, формирующих соответствующие субиндексы устойчивого развития. При этом разумным предложением выглядит совместное использование обоих подходов. Так, интегральный показатель приоритетен для принятия срочных управленческих решений: он позволяет быстро оценить общее состояние региона и сравнить его с оценками для других административно-территориальных единиц. Система частных индикаторов, в свою очередь, необходима при детальном анализе состояния компонентов территории: из нее станет очевидно, какая категория показателей или отдельный показатель состояния территории снижается, а значит и ухудшается скрываемый за ними компонент общественно-природной системы. Вместе с тем, в интегральной оценке выбор весовых коэффициентов может кардинально менять результат оценки на одном и том же наборе входных показателей.

Выполненный анализ российской и зарубежной литературы показывает, что геоинформационные технологии для оценки и представления ПРП применяются в недостаточной мере. Примеров реализации геопорталов и тематических ГИС поддержки решений в области устойчивого развития обнаружено не было. Отдельные работы сосредоточены на частных случаях, рассматривающих отдельные аспекты природно-ресурсного потенциала, чаще всего в отрыве от устойчивого развития территорий, и не подразумевают моделирование компонент УР как сложной динамической системы. Отсутствие реализаций проектов в виде web-ГИС осложняет выполнение исследований в области оценки устойчивого развития.

Создание архитектуры и последующая реализация тематического межотраслевого геопортала с визуальным компонентом отображения ПРП с помощью радиальных диаграмм для обеспечения контроля природно-ресурсных, экологических и социальных показателей УР исследуемого региона является необходимым шагом для повышения эффективности хозяйственной деятельности в Российской Федерации. Дальнейшие исследования авторов будут направлены на формулирование и описание аналитической модели и системы количественных показателей для анализа устойчивого развития регионов.

4 Выводы

Несмотря на постоянную разработку научным сообществом различных алгоритмов оценки, анализа и прогнозирования УР территорий, необходимых для осуществления хозяйственной деятельности в разномасштабных административно-территориальных единицах на основе принципа минимизации ущерба природной среде, отсутствуют единые общепринятые подходы к этому. В данной работе авторы предложили свое видение понятия «природно-ресурсный потенциал» как обобщенного экономического показателя 7 категорий ресурсов, используемого в интегральной оценке УР. Компоненты интегральной оценки сами по себе могут выступать в качестве системы частных индикаторов, а те, в свою очередь, в качестве природно-ресурсных, экологических и социальных показателей, формирующих соответствующие субиндексы устойчивого развития. Предлагается совместно использовать как систему частных индикаторов, так и интегральную оценку состояния территории в зависимости от управленческих задач. Очевидна и перспектива оценки сценариев УР регионов посредством тематической web-ГИС. Помимо прочего, учет ущерба, наносимого человеческой деятельностью следующим поколениям требует внедрения особого механизма ценообразования в экономики стран для обеспечения как регионального, так и глобального устойчивого развития.

БЛАГОДАРНОСТИ Работа выполнена в рамках государственного задания FSFE-2023-0005 Минобрнауки РФ.

- БИБЛИОГРАФИЯ**
1. Попова А.И. Исследование роли и значения природно-ресурсного потенциала в обеспечении устойчивого развития региона // Terra Economicus. 2009. Т. 7. № 4–3. С. 278–282.
 2. Солнцев Н.А. Природный географический ландшафт и некоторые общие его закономерности // Труды II Всесоюзного географического съезда. Т. 1. М.: Географгиз, 1948. С. 258–269.
 3. Солнцев Н.А. Учение о ландшафте: Избранные труды. М.: Изд-во МГУ, 2001. 384 с.
 4. Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Россия Молодая, 1994. 367 с.
 5. Новоселова И.Ю. Теоретико-методические основы оценки природно-ресурсного потенциала региона // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2011. № 4. С. 144–148.

6. Журкин И.Г., Чабан Л.Н. Выбор и расчет показателей при геоинформационном моделировании природно-ресурсного потенциала интенсивно развивающихся территорий // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2011. № 3. С. 102–107.
7. Лебедева М.А. Теоретико-методологические аспекты оценки природно-ресурсного потенциала // Журнал экономических исследований. 2019. Т. 5. № 3. С. 25–35.
8. Sokolov S. Methods of economic-geographical estimation of natural resource potential of the territory // Proceedings of International Research Conference on Economics, Arts and Sciences. 2017. P. 392–414.
9. Чернявая А.Л. Теоретические подходы к определению природно-ресурсного потенциала в экономической науке // Материалы Афанасьевских чтений. 2022. № 3(40). С. 32–36.
10. Осипов А.Г., Дмитриев В.В. Метод геоэкологической оценки природно-аграрного потенциала земель природных ландшафтов // Экология речных бассейнов. Труды IX Международной научно-практической конференции. 2018. С. 226–232.
11. Лобковский В.А. Оценка природно-ресурсного потенциала Российской Федерации с позиции регионального природопользования // Проблемы региональной экологии. 2011. № 6. С. 64–75.
12. Лебедева М.А. Проблемы управления повышением рациональности использования природно-ресурсного потенциала северного региона // Молодые ученые – экономике. Сборник научных трудов по итогам конкурса научных работ молодых ученых. Вологда: Вологодский научный центр Российской академии наук, 2020. С. 85–112.
13. Неверов А.В., Масилевич Н.А., Варапаева О.А. Экономическая оценка природно-ресурсного потенциала региона: теория и практика применения // Труды БГТУ. № 7. Экономика и управление. 2013. № 7(163). С. 101–105.
14. Трофимов А.М., Шарыгин М.Д., Демаков А.А. Природно-ресурсный потенциал территории (теория, методы, практика) // Изучение ресурсного потенциала территории: межвуз. сб. науч. тр. Ижевск. 1987. С. 5–16.
15. Архипова О.Е. Веб-ГИС для оценки сценариев использования природно-ресурсного потенциала южного макрорегиона // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2017. Т. 23. № 2. С. 144–156. DOI:10.24057/2414-9179-2017-2-23-144-156.
16. Victor P.A. The Kenneth E. Boulding Memorial Award 2014. Ecological economics: A personal journey // Ecological Economics. 2015. Vol. 109. P. 93–100. DOI:10.1016/j.ecolecon.2014.11.009.
17. Тихонова Т.В. Экологическая оценка экономического роста северного региона // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2018. Т. 11. № 3. С. 162–178. DOI:10.15838/esc.2018.3.57.11.
18. Гилёва Л.Н. Оценка природно-ресурсного потенциала в системе мероприятий по организации рационального земле- и природопользования для обеспечения устойчивого развития северных территорий // Московский экономический журнал. 2020. № 2. С. 143–157. DOI:10.24411/2413-046X-2020-10128.
19. Костылев А.А. Подходы к оценке природно-ресурсного потенциала и показатели эффективности его использования в регионе // Социально-экономические процессы и явления. 2010. № 3 (19). С. 110–118.
20. Белый А.В., Попов Ю.П. Опыт разработки геоинформационных систем для целей управления устойчивым развитием территории Вологодской области // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2019. Т. 25. № 1. С. 189–196. DOI:10.35595/2414-9179-2019-1-25-189-196.
21. Картавцева Е.Н., Рецепова Н.Ф. Природно-ресурсный потенциал Колпашевского района Томской области на ГИС-картах // Избранные доклады 67-й Университетской

- научно-технической конференции студентов и молодых ученых. Доклады конференции студентов и молодых ученых. Томск: ТГАСУ, 2021. С. 915–918.
22. Дмитриев В.В., Огурцов А.Н. Подходы к интегральной оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. Часть II. Методы интегральной оценки устойчивости наземных и водных геосистем // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2013. № 3. С. 88–103.
 23. Дмитриев В.В., Огурцов А.Н. Подходы к интегральной оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. Часть III. Интегральная оценка устойчивости почвы и наземных геосистем // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2014. № 4. С. 114–130.
 24. Дмитриев В.В., Федорова И.В., Бирюкова А.С. Подходы к интегральной оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. Часть IV. Интегральная оценка экологического благополучия наземных и водных геосистем // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2016. № 2. С. 37–53.
 25. Сафиуллин М.Р. Природно-ресурсный потенциал Республики Башкортостан: оценка, тенденции, проблемы // Успехи современного естествознания. 2019. № 12–2. С. 321–326. DOI:10.17513/use.37308.
 26. Leontief W.W. Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach // The Review of Economics and Statistics. 1970. Vol. 52. Iss. 3. P. 262–271. DOI:10.2307/1926294.
 27. Howe C.W. Natural Resource Economics: Issues, Analysis and Policy. New York: John Wiley & Sons, 1979. 350 p.
 28. Pirages D.C. The Sustainable Society: Implications for Limited Growth. New York: Praeger, 1977. 342 p.
 29. Redclift M. Sustainable Development: Exploring the Contradictions. New York: Methuen & Co. Ltd, 1987. 232 p. DOI:10.4324/9780203408889.
 30. Mitlin D. Sustainable Development: a Guide to the Literature // Environment and Urbanization. 1992. Vol. 4. Iss. 1. P. 111–124. DOI:10.1177/095624789200400112.
 31. Цапиева О.К. Устойчивое развитие региона: теоретические основы и модель // Проблемы современной экономики. 2010. № 2 (34). С. 307–311.
 32. Моисеев Н.Н. Экология и образование. М.: ЮНИСАМ, 1996. 192 с.
 33. Любушин Н.П., Бабичева Н.Э., Игошев А.К., Кондрашова Н.В. Моделирование устойчивого развития экономических систем различных иерархических уровней на основе ресурсоориентированного подхода // Экономический анализ: теория и практика. 2015. № 48(447). С. 2–12.
 34. Большаков Б.Е. Наука устойчивого развития. Книга I. Введение. М.: РАЕН, 2011. 272 с.
 35. Любушин Н.П., Бабичева Н.Э., Кобышников А.С. Устойчивое развитие: оценка, анализ, прогнозирование // Экономический анализ: теория и практика. 2017. Т. 16. № 12. С. 2392–2406. DOI:10.24891/ea.16.12.2392.
 36. Goniadis G., Lampridi M. Introduction to Sustainable Development. A brief handbook for students by students. Thessaloniki: International Hellenic University, 2015. 96 p.
 37. Третьякова Е.А. Оценка устойчивости развития эколого-экономических систем: динамический метод // Проблемы прогнозирования. 2014. № 4(145). С. 143–154.
 38. Elliott J.A. An Introduction to Sustainable Development. London: Routledge, 2006. 304 p. DOI:10.4324/9780203420225.

39. Strezov V., Evans A., Evans T.J. Assessment of the Economic, Social and Environmental Dimensions of the Indicators for Sustainable Development // Sustainable Development. 2017. Vol. 25. Iss. 3. P. 242–253. DOI:10.1002/sd.1649.
40. Krajnc D., Glavič P. A model for integrated assessment of sustainable development // Resources, Conservation and Recycling. 2005. Vol. 43. Iss. 2. P. 189–208. DOI:10.1016/j.resconrec.2004.06.002.
41. Hussain J., Zhou K., Guo S., Khan A. Investment risk and natural resource potential in “Belt & Road Initiative” countries: A multi-criteria decision-making approach // Science of the Total Environment. 2020. Vol. 723. 137981. DOI:10.1016/j.scitotenv.2020.137981.
42. Soderbaum P. Sustainable development – a challenge to our world views and ideas of economics // Perspectives of Sustainable Development. Some Critical Issues Related to the Brundtland Report. 1988. P. 19–30.

АВТОРЫ**Орлов Павел Юрьевич**

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Москва, Россия

кафедра геоинформационных систем и технологий, факультет геоинформатики и информационной безопасности

канд. техн. наук

 0000-0002-5323-4754

Журкин Игорь Георгиевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Москва, Россия

кафедра геоинформационных систем и технологий, факультет геоинформатики и информационной безопасности

д-р техн. наук, профессор

 0000-0002-2277-1557

Камынина Надежда Ростиславовна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Москва, Россия

кафедра земельного права и государственной регистрации недвижимости, факультет управления территориями

д-р экон. наук, доцент

Литвиненко Мария Васильевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Москва, Россия

кафедра землеустройства и кадастров, факультет управления территориями

д-р пед. наук, профессор

Васютинский Игорь Юрьевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Москва, Россия

кафедра геодезии, геодезический факультет

д-р техн. наук, профессор

Непоклонов Виктор Борисович

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Москва, Россия;

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук

кафедра высшей геодезии, геодезический факультет

д-р технических наук, старший научный сотрудник

 0000-0003-1241-1117

Поступила 07.07.2023. Принята к публикации 21.08.2023. Опубликовано 28.08.2023.