

ОЛЬГА ЧАДАЕВА

Чехия, Оломоуц

ПАВЕЛ БАКАЛА

Чехия, Опава

ПОЛЕТ БОЛЬШЕВИКА НА МАРС: «КРАСНАЯ ЗВЕЗДА» А. БОГДАНОВА С ЕСТЕСТВЕННО- -НАУЧНОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

АБСТРАКТ:

The paper analyzes the utopian science fiction novel *Red Star* by A. Bogdanov (1908). The study focuses on the description of a fictional interplanetary travel analyzed in the context of scientific knowledge in the field of theoretical physics and astrophysics in the beginning of the twentieth century, and compares it with modern scientific concepts. A comparison of Bogdanov's technological imagery with the existing technologies of space travel is also presented. The study considers such concepts as antigravity, the theory of matter and 'minus-matter', ideas related to radioactivity and the possibilities of its use, the characteristics of the fictional interplanetary spacecraft etheroneph, the idea of the parameters of an interplanetary flight, including a description of weightlessness and its effects on a human body, space flight trajectory, the importance of using computer technologies, presented in the novel. While certain concepts had obviously been borrowed from the already existing sci-fi narrative, other details in the *Red Star* can be regarded as a novelty and original solutions predicting the later technological advances. They reveal the breadth of Bogdanov's background, almost unique in science fiction writers of the beginning of the twentieth century.

KEY WORDS:

Alexander Bogdanov – Red Star – utopia – science fiction – space travel – antigravity – Mars.

Александр Александрович Богданов (Малиновский; 1873 – 1928) является настолько яркой и многогранной личностью в истории русской мысли и культуры, что изучение аспектов его деятельности предлагает исключительно широкий выбор тем. Сам он, будучи врачом, философом, ключевой фигурой в развитии революционного движения в России и позднее идеологом Пролеткульта, естествоиспытателем, экономистом, писателем-фантастом, оставил значительный след в российской и советской истории. И хотя некоторое время его имя было незаслуженно подзабыто (или же сознательно избегалось), начиная с 80-х гг. XX века интерес к нему не утихает как в России, так и среди западных исследователей.

Наследие Богданова традиционно изучается в первую очередь в контексте его деятельности в РСДРП, членом которой он был в 1896–1909 гг., философии эмпириомонизма и идеологического конфликта с Лениным (1906–1909), разработанной им «всеобщей организационной науки» – тектологии, идеологической деятельности в рамках Пролеткульта и опытов с переливанием крови в созданном им же институте, завершившихся смертью основателя в 1928 году. Не меньший интерес вызывает один из важнейших аспектов его деятельности, а именно его научно-фантастические произведения – романы «Красная звезда» (1908), «Инженер Мэнни» (1912), рассказ «Праздник бессмертия» (1914), стихотворение «Марсианин, брошенный на землю» (1920; опубликовано в приложении ко 2-му (6) переизданию романа «Красная звезда» в 1924 г.).

Для историков литературы, бесспорно, наиболее значительным объектом для изучения является именно роман «Красная звезда». Несмотря на то, что в русской литературе это не был первый утопический роман,¹ как

¹ Здесь стоит вспомнить, с одной стороны, утопические построения в романе «Что делать» Н. Г. Чернышевского (1863), идеологическую утопию «Коммунистическое государство будущего» В. И. Танеева (1878), с другой – опыты первой половины XIX века, а именно повесть Ф. В. Булгарина «Правдоподобные небылицы, или Странствование по свету в двадцать девятом веке» (1824) и роман В. Ф. Одоевского «4338-й год: Петербургские письма» (1835). Однако жанр утопии присутствовал и в литературе XVIII века, в качестве наиболее известного примера можно привести роман «Путешествие в землю Офирскую г. С., шведского дворянина» М. М. Щербатова (1784).

и первое описание межпланетного путешествия,² именно многократно переиздававшаяся «Красная звезда» (только до 1925 года роман выдержал 6 переизданий) стала книгой, оставившей заметный след в истории научной фантастики и утопического жанра. Роман многократно переведился на европейские языки.³

Сюжет романа развивается вокруг революционера Леонида, покинувшего Землю вместе с исследовательской экспедицией марсиан с целью изучения успешно построенного социалистического общества. На Марсе, знакомясь с принципами функционирования этого общества, главный герой переживает внутренний кризис, связанный со сложностью восприятия иной культуры и иного строя. Кризис усугубляется открытием того факта, что население Земли может пасть жертвой колониальных амбиций населения Марса, страдающего от нехватки ресурсов. В «Красной звезде» играет свою роль и любовная линия, в которой развиваются отношения между марсианкой Нэтти и Леонидом. Главный герой, совершивший преступление в результате эмоционального срыва, отправлен марсианами обратно на Землю, где он после лечения возвращается к революционной борьбе и в конце воссоединяется с любимой. Простая и линейная структура романа позволяет автору подробно и при этом непринужденно обращаться к главным темам своего произведения: описаниям принципов построения идеального общества и интересующим его элементам технического прогресса.

Исследователи отмечают влияние романа на еще более известную «Аэлиту» А. Н. Толстого (1923) [Григорьян 2015; Шарова 2018 и др.], ко-

² Кроме уже упомянутого Фаддея Булгарина с его шуточной повестью «Похождения Митрофанушки на Луне» (1837), стоит вспомнить и предположительно первое в русской литературе описание полета на Луну – содержащую и элементы утопии повесть В. А. Лёвшина «Новейшее путешествие» (1784), которая, однако, осталась вне поля зрения более поздних читателей. Подзабытым остается и роман «В океане звезд. Астрономическая одиссея» А. Г. Лякидэ (1892). Более заметными были повести К. Э. Циолковского «На Луне» (1893), где описывались предполагаемые физические эффекты пребывания на естественном спутнике Земли, «На другой планете» П. П. Инфантьева (1896), где путешествие на Марс было совершено главным героем посредством обмена сознанием, а описание цивилизации марсиан также представляет собой социалистическую утопию, а также роман-повесть Л. Афанасьева (Богоявленского) «Путешествие на Марс» (1901), где уже описывается путешествие троих русских и одного английского математиков и английской миллионерши на «электрическом» космическом корабле «Галилей», при этом марсианское общество в «Путешествии» далеко от утопического в техническом отношении и представляет собой скорее вариацию на тему средневековья, зато характеризуется высокими моральными установками.

³ Нам известны переводы на чешский (1912, 1921), грузинский (1923), немецкий (1923, переизд. в 1972, 1974, 1982; 1984, переизд. в 2010), эсперанто (1929), английский (1982, 1984, 2008), французский (1985), итальянский (1989, 2018), испанский (2010).

торое сложно поставить под сомнение, учитывая уже инверсионный характер сюжетов двух книг (если в романе Богданова революционер изучает уже построенное социалистическое общество марсиан, а сами марсиане способствуют революционному движению на Земле, то в романе Толстого уже земляне становятся катализаторами революции, причем заметную роль в обеих книгах играет любовная линия). Богданов повлиял на целую плеяду писателей 1920-х – начала 30-х гг. Среди них можно отметить Якова Окунева и его роман «Грядущий мир» (1923), Иннокентия Жукова, прямо ссылающегося на Богданова в сочинении «Путешествие звена “Красной Звезды” в страну чудес» (1923), Николая Муханова и первую советскую космооперу «Пылающие бездны» (1924), где идет война с марсианами за ресурсы. Само собой напрашивается сравнение утопических построений у Богданова и антиутопии Евгения Замятина в романе «Мы» [Stites 1984: 5; Семенова 2013]. Еще больший интерес вызывают чуть менее явные литературные параллели: влияние Богданова на Максима Горького [Семенова 2015a] и развитие идей достижения бессмертия, а также других аспектов проекта по переустройству мира у Богданова и Андрея Платонова [Бочарова 2003; Васильев, Ковтун, Проскурина 2013; Семенова 2015b]. Недостаточно изученным на сегодняшний день является влияние Богданова на более поздних советских авторов, в первую очередь на таких видных фантастов-утопистов, как Иван Ефремов и братья Аркадий и Борис Стругацкие, пока исследователи лишь ограничиваются проведением абстрактных параллелей [ср., напр., Коваленко, Черняховская 2019: 62].

Исчерпывающий анализ всех аспектов «Красной звезды», включающий затронутые в нем темы, предшествующую и последующую литературную традицию, естественно-научный аспект произведения, заслуживал бы, пожалуй, целой монографии. Книга Богданова изобилует отсылками к астрономии, астрофизике, планетологии, техническим и социальным наукам, экономике, а также к математическому моделированию комплексных социальных и технологических систем. И если социальные, философские, политические аспекты романа уже привлекали значительное внимание не только русскоязычных, но и зарубежных исследователей [ср., напр., Stites 1984; Graham 1984; Adams 1989; Mějnek 2016], то естественно-научная проблематика «Красной звезды» анализировалась гораздо реже и, скорее, лишь мимоходом. Исключение составляет биологический компонент романа, а именно продвигаемые Богдановым идеи омоложения посредством переливания крови, которые подробно и тщательно проанализировал в своей монографии Н. Кременцов [Krementsov 2011: 43–49]. Общее сопоставление запад-

ной научной фантастики рубежа веков с романом Богданова провел Марк Б. Адамс, включивший в свой анализ и возможное влияние на Богданова современных ему научно-философских идей [Adams 1989: 12].

Исследователи не обошли вниманием и астрономические и космологические представления, воплощенные в романе, включая основную предпосылку для фантастического допущения романа – существования марсианской цивилизации, а именно теорию о марсианских каналах, о которых в 1877 году объявил Джованни Скиапарелли и которую развивал Персиваль Ловелл [Stites 1984: 11; Иванов 2018: 178]. Обсуждались и общие представления о космогенезе, отсылающие к теории Канта-Лапласа, согласно которой, в том числе, планета Марс старше, нежели Земля, а наиболее молодой из потенциально обитаемых планет Солнечной системы является Венера [Иванов 2018: 179]. В то же время роман представляет собой исключительный интерес и с точки зрения воплощения представлений о техническом прогрессе и возможности связанных с ним технологий космических полетов, бытовавших среди образованной части общества, в фантастическо-утопической литературе.

В то время, когда Александр Богданов писал свой роман, происходила тотальная трансформация классической картины физического мира. Основой ньютоновской физики было представление об абсолютном пространстве и времени, классическая картина включала в себя и образ гипотетической всепроникающей среды – светоносного эфира, в котором благодаря его парадоксальными свойствам распространялись электромагнитные волны, являющиеся основой световых явлений. Существование атомов как основных мельчайших частиц вещества подтверждалось скорее косвенными доказательствами, тогда как их внутренняя структура была все еще вне досягаемости классической физики. Тем не менее уже в 1897 году Д. Д. Томсон поставил эксперимент по изучению катодных лучей, в результате которого открыл очень маленькие и очень легкие (в 1000 раз легче, нежели атом водорода) частицы, переносящие электрический заряд, – электроны [Thomson 1897]. Открытие электрона опровергало более раннюю теорию, предполагавшую, что электрический заряд является неопределенным положительным или отрицательным электрическим флюидом и своеобразной связанной материальной субстанцией. Уже стала известной радиоактивность, открытая в 1896 году А. А. Беккерелем и далее изучаемая П. Кюри и М. Склодовской-Кюри, а также Уильямом Рамзаем.⁴

⁴ Имена Кюри и Рамзая (Рамсэя) звучат и в романе, см. [Богданов 1908: 12].

Процесс радиоактивного распада также представлял собой сложность для постижения средствами классической физики. Еще одним шагом, осложнившим существовавший образ физического мира, было открытие рентгеновского излучения В. К. Рёнтгеном в 1895 году [ср., напр., Азимов 1983: 151; Mould 1995: 12].

Все эти удивительные открытия позволили предполагать существование структур материи на более низком уровне, нежели атом. Богданову, конечно, не могла быть известной довольно реалистичная модель структуры атома, состоящего из маленького и очень тяжелого ядра, окруженного облаком легких электронов, т.к. она появилась в результате экспериментов Э. Резерфорда в 1911 году [Азимов 1983: 154]. В 1905 году А. Эйнштейн сформулировал специальную теорию относительности, которая радикально пересмотрела казавшиеся самоочевидными понятия пространства и времени [Einstein 1905b]. В теории Эйнштейна, противоречащей ньютоновской механике и закону всемирного тяготения, время течет по-разному для разных наблюдателей, для которых отличается и структура пространства. С точки зрения теории, необходим полный пересмотр сложившихся представлений о физическом мире. В то время, когда Богданов писал «Красную звезду», еще не была сформулирована общая теория относительности, в полном виде представленная Эйнштейном лишь в 1915 году [Einstein 1915]. В 1905 году в опубликованном Эйнштейном объяснении фотоэлектрического эффекта впервые появляется революционное понятие «квант электромагнитного излучения» и, следовательно, света (позже получившего название «фотон»). Здесь ставится под сомнение волновая природа света, понимаемая как распространение возбуждений в гипотетическом эфире, пронизывающем Вселенную [Einstein 1905a]. Существование светоносного эфира уже весьма проблематично согласовывается со специальной теорией относительности и отрицательными результатами эксперимента Майкельсона-Морли (1887), ставившего своей целью его обнаружение [Млодинов 2014: 69–74].

Таким образом, Богданов пишет свой роман в атмосфере, когда на казавшейся незыблемой почве практически законсервированного научного знания XIX века зарождается новая, неожиданная, парадоксальная картина мира. В это время казалось, что в ближайшем будущем возможно практически все, и было совершенно неясно, к каким гносеологическим результатам и реальным технологическим возможностям приведет новая парадигма. Именно в этой атмосфере Богданов конструирует свой образ социально и технологически более прогрессивной цивилизации марсиан. Стоит также добавить, что на рубеже веков не

вполне проясненным было и отношение зарождающейся новой научной картины мира к феноменам, которые сегодня воспринимаются как противоречивые, считаются антинаучными, а также к различным возникающим или заново открытым духовным течениям. Не претендуя на полноту, мы можем здесь упомянуть психоанализ Фрейда и Юнга, изучение парапсихологических феноменов, спиритические сеансы, теософию и антропософию. Конечно, Богданов, будучи левым философом, твердо стоял на материалистических позициях. Тем не менее следует подчеркнуть, что его понимание материализма и выдвигаемая им концепция эмпириомонизма весьма значительно отличается от вульгарного материализма XIX века или радикально антиидеалистического упрощенного мировоззрения Ленина. По своим взглядам Богданов был близок эмпириокритицизму Эрнста Маха и Рихарда Авенариуса, хотя полностью их взглядов он не разделял [Квитка 2006: 58].

В начале романа, когда Богданов отправляет своего героя на Марс, естественно-научный компонент занимает довольно значительную часть текста. Рассмотрим, каким образом реализуется описание межпланетного путешествия в «Красной звезде» с точки зрения как научного познания в области теоретической физики и астрофизики, бытовавшего во время написания романа, так и через призму современных представлений, а также сравнения с уже существующими на настоящий момент технологиями космических полетов.

Путешествие по космическому пространству для цивилизации марсиан стало возможным благодаря антигравитации (в романе – «минус-материи»), что является достаточно распространенным реквизитом не только в фантастической литературе рубежа веков,⁵ но также и в значительно более поздних научно-фантастических произведениях⁶. Здесь необходимо отметить, что Богданов, очевидно, не был знаком во время написания романа с переломными работами К. Циолковского о полетах в космическом пространстве [Циолковский 1903]. Впрочем, данный факт сложно считать удивительным, т.к. работа Циолковского не получила во время первой публикации значительного отклика и только издание 1923 года, пусть и с трудом, но вошло в научный оборот [Желнина 1994]. С другой стороны, дальнейшее развитие космонавтики ясно указывает на то, что возможности химических реактивных ракетных

⁵ Ср. Перси Грег, «Через зодиак» (Percy Greg, *Across the Zodiac*), 1880, Роберт Кроми, «Бросок в пространство» (Robert Cromie, *A Plunge into Space*), 1890, Курд Лассавиц, «На двух планетах» (Kurd Laßwitz, *Auf zwei Planeten*), 1897, Герберт Уэллс, «Первые люди на Луне» (Herbert Wells, *The First Men on the Moon*), 1901 и др.

⁶ Напр., Артур Ч. Кларк, «Жестокое небо» (Arthur C. Clark, *The Cruel Sky*), 1966.

двигателей ограничены с технической и экономической точек зрения, и для реального «покорения космоса», по всей видимости, необходимы совершенно иные технологии, которых, к сожалению, пока нет даже в теории. И если бы возникла революционная технология, использующая антигравитацию, она, вне всякого сомнения, была бы одним из весьма достойных кандидатов для действительно эффективных межпланетных и межзвездных путешествий.

Антигравитация у Богданова является свойством «минус-материи», которая «отталкивается, а не притягивается землей, солнцем и другими знакомыми нам телами» [Богданов 1908: 11]. Здесь Богданов остается в плену идей конца XIX века и вдохновляется уже тогда хорошо известными свойствами электрического поля, где одноименно заряженные, положительные либо отрицательные заряды отталкиваются друг от друга. Закон Кулона, описывающий силу взаимодействия между неподвижными электрическими зарядами, формально полностью идентичен гравитационному закону Ньютона. Напротив, Богданов, по всей вероятности, не был знаком с основополагающим элементом общей теории относительности – принципом эквивалентности сил гравитации и инерции, который из свойств свободного падения (все тела падают одинаково вне зависимости от своей массы) постулирует эквивалентность тяжелой и инертной массы тел. Таким образом, материальные тела оказывают эквивалентное своей массе сопротивление ускорению гравитационным полем. Более того, теория относительности постулирует эквивалентность массы и энергии. В этом контексте идея гравитационного отталкивания «положительной» и «отрицательной» материи, подобного отталкиванию одноименных зарядов, является довольно проблематичной. Следует подчеркнуть, что простая и объединяющая картина общей теории относительности могла бы быть пересмотрена в дальнейшем развитии физики элементарных частиц. Различие в воздействии гравитационного поля Земли на частицы материи и антиматерии (антипротоны) в настоящее время изучается в рамках эксперимента AEGIS⁷ в ЦЕРНе [Giammarchi 2013].

И тем не менее довольно расплывчатые спекуляции Богданова по крайней мере частично выходят за рамки наивной электрогравитационной (анти)аналогии. В романе мимоходом упоминается некая научная работа Леонида, написанная еще до вылета на Марс, где он сам предсказывает существование отрицательной материи. В разговоре Ле-

⁷ AEGIS – Antihydrogen Experiment: Gravity, Interferometry, Spectroscopy, рус. «Антиводородный эксперимент: гравитация, интерферометрия, спектроскопия».

онида о его брошюре об электронах и материи [Богданов 1908: 11–14] с агентом-марсианином и одновременно руководителем внепланетной экспедиции Мэнни антигравитация сравнивается с левитацией диамагнитных тел в магнитном поле (ср., например, прославленную левитирующую лягушку А. Гейма [Geim 1998: 36]) или отталкиванием двух разнонаправленных параллельных электрических токов. Из вышеупомянутых сравнений вытекает, что Богданов был хорошо знаком с классической теорией электромагнитного поля Джеймса Максвелла, опубликованной еще в 1865 году [Maxwell 1865]. Это направление его физических спекуляций значительно интереснее, чем напрашивающееся простое, и в то же время принципиально ошибочное представление об отталкивании положительных и отрицательных масс, которое, по всей вероятности, принципиально невозможно. Богданов здесь интуитивно скорее приближается к высказанным в общей теории относительности идеям гравитомагнетизма. Общая теория относительности предсказывает, что не только сама по себе материя (энергия), но и состояние ее движения, т.н. ток массы, аналогия электрического тока, имеет гравитационный эффект. И потому гравитационное поле невращающихся объектов отличается от поля вращающихся космических тел (планет, звезд, черных дыр). В отличие от всегда притягивающего поля статической материи, гравимагнитные силы также могут быть отталкивающими [Ciufolini 1995]. И потому Богданов в данном аспекте кажется на удивление современным. Однако Богданов в своем произведении не упоминает теорию относительности, и, по всей вероятности, столь свежая новинка теоретической физики была вне его картины мира, что, впрочем, неудивительно для врача и социалистического философа. Кроме того, как уже было отмечено, полная формулировка общей теории относительности была опубликована только в 1915 г. Первое развернутое описание гравимагнитных эффектов также связано с более поздним развитием аппарата общей теории относительности [Thirring 1918]. Однако нерелятивистские соображения об электромагнитно-гравимагнитной аналогии уже были опубликованы О. Хевисайдом в 1893 г., и поэтому нельзя исключить его как возможный источник вдохновения для Богданова [Heaviside 1893: 281–282].

Однако интересно то, что в книге Леонида теория гравитации рассматривается как часть или результат полной теории о материи. Леонид в диалоге с Мэнни утверждает, что теория о материи и тяготении пока неполная и только ее завершение даст возможность добиться практической реализации антигравитационного отталкивания [Богданов 1908: 12]. Таким образом, Богданов очень расплывчато размышляет

об объединяющей теории для единственных известных на тот момент фундаментальных сил природы – гравитации и электромагнетизма. Собственно говоря, такая теория оставалась Святым Граалем теоретической физики до самого открытия других фундаментальных физических взаимодействий во второй половине 1930-х гг. XX в., которые действуют на квантовых ядерных и субъядерных уровнях и отвечают в т.ч. за радиоактивность (т.н. слабое и сильное взаимодействие). И сам А. Эйнштейн провел значительную часть своей карьеры, безуспешно пытаясь объединить гравитацию и электромагнетизм. Обе эти силы удалось объединить на классическом (неквантовом) уровне только за счет введения нового, четвертого пространственного измерения (т.е. в целом в пятимерном пространстве-времени) в теории, опубликованной Т. Калуцей в 1921 году [Kaluza 1921] при значительном содействии Эйнштейна. Последующие, уже квантовые развития изначальной теории Калуцы (разные варианты т.н. теории суперструн), рассматривающие и одиннадцатимерное пространство-время, считаются одним из путей, которые могут вести к полной физической «Теории всего», описывающей все известные теории физики (см. обзорную работу [Greene 2000]). Необходимо отметить, что на настоящий момент успехи на данном поле более чем скромные и, к сожалению, пока определенно не ведут к захватывающему техническому применению вроде антигравитационных космических кораблей, хотя и существуют теоретические спекуляции на данную тему [Alcubierre 1994; Williams 2012].

Из описания книги Леонида и диалога с Мэнни очевидно, что с актуальным уровнем научных представлений о глубинной структуре материи, а также со связанным с ней феноменом радиоактивности Богданов был, вероятно, весьма хорошо знаком, что вытекает в том числе и из описания радиоактивно-реактивного двигателя при межпланетном полете. Эта проблематика, находящаяся на границе физики и химии, которая еще не была во время написания романа четко определена, была Богданову как врачу значительно ближе, нежели абстрактная теоретическая физика. Богданов описывает «минус-материю» с антигравитационным эффектом как жидкость, подобную ртути. Мэнни показывает ее в закрытом флаконе, вес которого компенсируется противодействием содержащейся в нем отрицательной материи [Богданов 1908: 14]. Такое наивное иллюстративное представление весьма точно соответствует турбулентной атмосфере происходивших в то время изменений научной парадигмы. Мезальянс научных и технических идей, соответствующих скорее XIX веку, с передовой антигравитационной технологией потом достигает кульминации в описании полета в антигравита-

ционной «лодочке», доставившей Леонида и Мэнни к межпланетному кораблю, «этеронефу». Уравновешивание антигравитационного отталкивания и веса «гондолы» осуществляется аналогичным образом, как в дирижаблях или летающих воздушных шарах – за счет сбрасывания груза в мешках, что на современного читателя производит почти комический эффект, в особенности с учетом описываемого далее межпланетного полета [Богданов 1908: 17].

Космический антигравитационный корабль Богданова, этеронеф, противостоит гравитации с помощью резервуаров «минус-материи», позволяющей левитировать в гравитационном поле небесных тел [Богданов 1908: 30]. Здесь нужно подчеркнуть, что в самом неологизме «этеронеф» очевидна отсылка к гипотетическому эфиру, пронизывающему все пространство. Не только в фантастической литературе тех лет, но и в более поздней научной фантастике понятие «эфир» часто ассоциировалось с самим космическим пространством, по всей видимости, под влиянием вышеупомянутых и преодоленных представлений. Управление ускорением, торможением и направлением полета этеронефа осуществляется с помощью целенаправленной эмиссии частиц, полученных в результате распада радиоактивных атомов [Богданов 1908: 24]. Здесь снова представления Богданова на удивление весьма дальновидны. Он совершенно справедливо отмечает, что для выхода из гравитационного поля планеты при старте космического корабля необходимо использовать двигатель с иными характеристиками, нежели при долговременном ускорении в межпланетном пространстве, где космический корабль находится уже в отдалении от источников гравитационных полей. Аналогичная идея в существующей космической технологии применяется для космических миссий, использующих ионные двигатели, которые обеспечивает небольшое, но при этом долговременное ускорение за счет эмиссии заряженных частиц во время полета через межпланетное пространство, но при этом сами зонды доставляются с Земли с помощью ракетного носителя с классическим химическим двигателем, т.к. последний достигает гораздо большего ускорения, хотя и весьма кратковременно. Таким образом были спроектированы в т.ч. полеты космических зондов *Deep Space 1*, *Smart 1*, *Hayabusa*, *Dawn*, *GOCE*, *Hayabusa 2* [Herman et al. 2018].

Использование антигравитации позволяет марсианам построить свой корабль в основном из стекла и алюминия с большим размахом: корабль оборудован не только помещениями, необходимыми для управления полетами, размещения двигателей и обеспечения условий жизни, но и «общими залами, лабораториями отдельных членов экспе-

диции, их каютами, ванными, библиотекой, гимнастической комнатой, и т.д.» [Богданов 1908: 30]. Здесь воображение Богданова разительно отличается от вида современных космических кораблей с химическим реактивным двигателем, которые все еще являются лишь тесными кабинами, предоставляющими команде минимальный комфорт. Космический корабль Богданова с его размахом скорее предвещает оптимистические фантазии более поздних научно-фантастических произведений. Помимо хорошо известных читателям западных космоопер, подобные корабли встречаются, например, у Александра Беляева в романе «Прыжок в ничто» (1933), где имеется и своя оранжерея, у Станислава Лема в романе «Астронавты» (1951), где описан корабль «Космократор» с ядерным двигателем, отправленный с миссией на Венеру, в романах Ивана Ефремова (в романе «Туманность Андромеды» (1957) на «Тантре» имеется библиотека, а в описании ЗПЛ «Темное Пламя» из «Часа Быка» (1968–69) наличествуют «просторные каюты»). Можно вспомнить и межзвездные корабли «NAFAL» (Nearly As Fast As Light) из Хайнского цикла (1966–2002) Урсулы Ле Гуин, использующие релятивистский эффект замедления времени при скоростях, близких к скорости света.⁸

Что удивительно, в оснащении этеронефа отсутствует возможность радиосвязи с родной планетой. При этом радиотелеграф должен был быть известен Богданову с его широкой естественно-научной эрудицией благодаря новаторским работам А. С. Попова, Н. Теслы, Г. Маркони и др. в 1894–1895 гг. Уже в 1902 году Маркони удалось организовать первую радиосвязь через Атлантический океан⁹ [Hurdeman 2003: 287]. Можно только предположить, что отсутствие возможности радиокommunikации в романе Богданова имело скорее литературные причины, т.к. подчеркивается одиночество и изолированность экспедиции марсиан на Земле и во время самого межпланетного путешествия.

Кинематические параметры межпланетного полета у Богданова описаны весьма реалистически, а в рамках фантастического жанра – даже несколько консервативно. Фантастическое допущение антигравитаци-

⁸ Здесь интересно отметить, что роман из «Хайнского цикла» Ле Гуин «Обделенные» (1974) является в своем роде сюжетной инверсией по отношению к роману Богданова, т.к. главный герой является изгнанником-беглецом из анархическо-коммунистического общества, который, однако, не способен адаптироваться в мире с рыночной экономикой. Ле Гуин, конечно, на момент написания романа не могла быть знакома с романом, т.к. первый перевод на английский язык появился позже, однако сама по себе параллель заслуживает внимания.

⁹ Сам Маркони заявлял, что первая передача была осуществлена еще в 1901 году, но документальных свидетельств об этом нет.

онного двигателя могло бы легко привести воображение писателя к гораздо более высоким скоростям и временным отрезкам, необходимым для полета с Земли на Марс. Тем не менее марсианские космические технологии располагают параметрами, близкими планам пилотируемых полетов на Марс в ближайшем будущем. Современным беспилотным зондам потребуется от 6 до 9 месяцев для того, чтобы достичь красной планеты. В настоящее время разрабатываются технологии для пилотируемых полетов как государственными агентствами (НАСА, ЕКА, Роскосмос), так и в последнее время частными организациями, например, SpaceX [SpaceX 2020], которые предполагают достичь Марса за ненамного более короткий отрезок времени [Willson, Clarke 2006]. А вот марсианам у Богданова требуется два с половиной месяца, чтобы достичь родной планеты после вылета с Земли [Богданов 1908: 29].

На старте, когда вес корабля устраняется антигравитацией с помощью «минус-материи», этеронеф с помощью радиоактивно-реактивного двигателя приобретает небольшое постоянное ускорение величиной 2 см. Очевидно, имеется в виду ускорение 2 см/с^2 , т.к. приводимые Богдановым значения пройденного расстояния в начальной фазе полета после старта действительно точно отвечают равномерно ускоренному движению с данным ускорением [Богданов 1908: 22]. Самая высокая заявленная скорость этеронефа составляет 50 км/с, что является весьма правдоподобным значением для достаточно быстрого межпланетного путешествия. Напомним, что первая космическая скорость низкоорбитальных спутников составляет около 8 км/с, а для полного отрыва от гравитационного поля Земли космическому кораблю необходимо достичь второй космической скорости, равной 11,2 км/с. Если бы нам было необходимо полностью вырваться из гравитационного поля Солнца и покинуть Солнечную систему, то требуется уже третья космическая скорость, величина которой составляет около 42 км/с на расстоянии Земли от Солнца [Vate et al. 1971: 39]. Космический корабль марсиан, очевидно, на это способен. Более того, Богданов совершенно справедливо заявляет устами руководителя экспедиции Мэнни, что скорость космического корабля при взлете с Земли прибавляется к скорости вращения Земли и Марса вокруг Солнца и криволинейная траектория межпланетного полета должна быть математически построена именно таким образом. Мэнни во время взлета с Земли сравнивает комфортное космическое путешествие на антигравитационном этеронефе с его небольшим постоянным ускорением и нереалистичное, неизбежно смертельное путешествие способом «пушечного выстрела», о котором он «читал в ваших фантастических романах» [Богданов 1908: 23]. Здесь

имеется явная отсылка к Ж. Верну [Verne 1865], представления которого были для Богданова уже преодоленными.

Приведенная длина криволинейной траектории межпланетного полета составляет 160 млн километров, хотя реальное текущее расстояние до Марса должно составить 100 млн км. Богданов совершенно верно описывает, как Леонид сквозь окна этеронефа видит Марс не прямо перед собой, но на краю наблюдаемого звездного неба. Этеронеф ускоряется в первой части своего пути, а потом с обратной скоростью должно происходить торможение. Таким образом, экспедиция проходит по неинерциальной траектории с постоянным ускорением, в отличие от современных космических миссий межпланетных зондов, где большая часть полета проходит без работы двигателей на более медленных свободных эллиптических или же гиперболических орбитах [Sellers at all 2004: 228]. Тем не менее, ускорение на борту этеронефа настолько мало по сравнению с ускорением силы тяжести на поверхности Земли, что Леонид после того, как этеронеф удалился на достаточное расстояние от Земли, на протяжении всего полета испытывает практически состояние невесомости, сопровождающееся весьма реалистичным недомоганием, подобным трудностям адаптации, с которыми сталкиваются значительная часть настоящих космонавтов [Kanas, Manzey 2008]. И здесь вызывает восхищение дальновидность Богданова, предположения которого могли строиться и на его медицинском профессионализме. Он также совершенно верно описывает и свойства жидкости в невесомости [Богданов 1908: 24–25]. Приведенная величина ускорения силы тяжести в этеронефе в течение межпланетного полета составляет от $4/100$ до $1/500$ ускорения свободного падения на поверхности Земли (около 10 км/с^2), что хорошо согласуется с заявленным ускорением космического корабля в 2 см/с^2 . Из этого вытекает, что Богданов при написании «Красной звезды» произвел как минимум приблизительный расчет кинематических величин межпланетного полета.

Пророческим можно назвать и предсказание Богданова о необходимости и важности использования вычислительной техники при управлении космическими полетами. Эта идея в контексте эпохи и существующей научно-фантастической литературы является весьма оригинальной и предвещает тесную взаимосвязь космических полетов с развитием компьютерных технологий. На обзорной экскурсии по этеронефу Леонид посещает «вычислительную комнату», где стояли «непонятные... машины со множеством циферблатов и стрелок» [Богданов 1908: 28]. Вычислительные машины печатают свои результаты на длинную ленту, совсем как еще не так давно использовавшиеся матричные принтеры.

Нэтти в беседе с Леонидом рассказывает, что «вычисление пути оказалось... делом нелегким, и подверженным таким погрешностям, которых не предвидели раньше» [Богданов 1908: 32]. Более того, из-за ошибок в расчетах предыдущие экспедиции марсиан на Землю заканчивались гибелью всех участников. Здесь можно вспомнить и настоящие космические миссии, потерпевшие неудачу из-за ошибок в навигационном программном обеспечении. Одной из таких экспедиций была миссия НАСА по исследованию марсианского климата «Mars Climate Orbiter», стартовавшая в 1998 году. Аппарат МСО распался при торможении в атмосфере Марса из-за ошибки в навигационном программном обеспечении беспилотного зонда [NASA 1999].

Явное и точное понимание Богдановым ключевой роли вычислительной техники отчетливо контрастирует с более поздним скептицизмом в сталинские времена, когда кибернетика обозначалась как «буржуазная лженаука».¹⁰ Отставание в развитии и применении вычислительной техники было одной из причин неудачи советской лунной программы, в рамках которой не удалось успешно решить проблему синхронизации и управления работой во время взлета многочисленных двигателей ракеты-носителя сверхтяжелого класса Н-1 [Harvey 2007: 61–62]. Напротив, успех американской лунной программы «Аполлон» был обусловлен в том числе и применением на тот момент передовых информационных технологий при создании бортовых компьютеров космических кораблей и их лунных модулей, среди прочего – для удаленного управления полетом к Луне из центра на Земле [Murray, Cox 1989]. Акцент, сделанный Богдановым на точном и тщательном управлении космической миссией с помощью вычислительных машин, ярко контрастирует с представлениями его современников-фантастов, включая и Г. Уэллса, который описывает скорее комически хаотичную навигацию путем проб и ошибок в исполнении эксцентричного изобретателя антигравитационного космического шара во время путешествия на Луну [Wells 1901: 61–76].

Внимание Богданова к вычислительной технике неслучайно: значительную часть своих творческих усилий он посвятил разработке «всеобщей организационной науки» – тектологии, предвосхитившей кибернетику Н. Винера и У. Эшби, общую теорию систем Л. фон Берталанфи и синергетику И. Пригожина. Примечательно, что впервые Богданов

¹⁰В литературе порой преувеличивается степень гонений на кибернетику в СССР в 50-е гг., пристальное внимание к этой области науки сочеталось со скептицизмом, особенно ярко проявлявшемся в публицистических статьях, однако неоспорим тот факт, что развитие кибернетики в СССР имело догоняющий характер и значительно отставало от развития вычислительных технологий на Западе [Крайнева, Пивоваров, Шилов 2016: 121].

сформулировал важность и необходимость системного подхода именно посредством своих утопических произведений [Локтионов 2016: 80–82]. Расчеты и вычислительные машины представляют собой неотъемлемую часть системной организации, что наглядно показано в фантастических романах Богданова.

Центральной темой «Красной звезды», конечно, не является ни описание внеземной технологии космических полетов, ни личная драма главного героя. Как и любовная линия в романе, технологии марсиан являются лишь одним из реквизитов создания комплексного образа цивилизации, достигшей, по мнению Богданова, значительных успехов в построении «идеального» общества. И несмотря на это, описание деталей внеземных космических полетов в романе значительно выходит за рамки предшествующей фантастической литературы, повествующей о космических путешествиях. Степень проработанности деталей отличается как от комично-мечтательного образа путешествий в романах Уэллса, так и гротескно-механистического подхода Ж. Верна. Естественно-научная эрудиция Богданова более чем очевидна, а некоторые идеи, выраженные в описании межпланетного полета, можно назвать провидческими. В «Красной звезде» впервые в научно-фантастической литературе корректно описано состояние невесомости во время полета на космическом корабле. Если у Уэллса состояние невесомости является результатом экранирования загадочным веществом – «каворитом», а Верн приводит спекуляции о «нейтральной точке», в которой взаимно уравновешиваются притяжения Земли и Луны, Богданов был, по всей видимости, первым автором-фантастом, осознавшим, что гравитационные силы планет, Луны и Солнца, ослабевающие пропорционально квадрату расстояния от источника гравитационного поля, будут незначительными для космических путешественников в межпланетном пространстве. И другие космические технологии марсиан, включая вычислительную технику для управления полетами, реалистические величины кинематических параметров космического полета или влияние невесомости на организм человека, свидетельствуют о необычайно широкой научной эрудиции, помноженной на богатое воображение автора. Единственным ключевым компонентом, отсутствующим у Богданова, можно назвать радиосвязь между космическим кораблем и родной планетой. В романе «Красная звезда» не только описание космического полета, но и фактически весь образ внеземной цивилизации нетривиально и внутренне последовательно связан с достигнутым на тот момент уровнем познания в точных науках и отражает бурную атмосферу меняющейся научной парадигмы в начале двадцатого века. Поэтому

«Красную звезду», хотя в ней и преобладают социальные, политические и философские аспекты, а также отчетливо прослеживается личная драма одинокого землянина в инопланетном мире, несомненно, можно классифицировать как раннюю твердую («жесткую») научную фантастику. При этом роман можно использовать как иллюстрацию того, насколько условно жанровое деление на «твердую» и «мягкую» (социальную) фантастическую литературу. Роман Богданова служит наглядным примером философских, общественно-политических и научных поисков рубежа веков, происходивших не в отрыве друг от друга, а в тесном переплетении и усиленном поиске общего знаменателя для развития общества, идей, науки и искусства.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- ADAMS, M. B. (1989): “Red Star” Another Look at Aleksandr Bogdanov. *Slavic Review*, 1989, 48 (1), pp. 1–15.
- ALCUBIERRE, M. (1994): The warp drive: hyper-fast travel within general relativity. *Classical and Quantum Gravity*, 1994, 11 (5), pp. L73–L77.
- BATE, R. R. – MUELLER, D. D. – WHITE, J. E. (1971). *Fundamentals of Astrodynamics*. New York: Dover Publications.
- CIUFOLINI, I. (1995): Dragging of Inertial Frames, Gravitomagnetism, and Mach’s Principle. In: J. Barbour – H. Pfister (eds.): *Mach’s Principle: From Newton’s Bucket to Quantum Gravity*. Boston: Birkhäuser, pp. 386–402.
- EINSTEIN, A. (1905a): Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt. *Annalen der Physik*, 1905, 322 (6), S. 132–148.
- EINSTEIN, A. (1905b): Zur Elektrodynamik bewegter Körper. *Annalen der Physik*, 1905, 322 (10), S. 891–921.
- EINSTEIN, A. (1915): Zur allgemeinen Relativitätstheorie. *Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften*, 1915, 1, S. 778–786.
- GEIM, A. K. (1998): Everyone’s Magnetism. *Physics Today*, 1998, 51 (9), pp. 36–39.
- GIAMMARCHI, Marco G. (2013): AEGIS at CERN: Measuring Antihydrogen Fall. *Few-Body Systems*, 54 (5–6), pp. 779–782.
- GRAHAM, L. R. (1984): Bogdanov’s Inner Message. In: L. R. Graham – R. Stites (eds.): *Alexander Bogdanov. Red Star: The First Bolshevik Utopia*. Bloomington and Indianapolis: Indiana University Press, pp. 241–253.
- GREENE, B. (2000): *The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory*. New York: Vintage Series.
- HARVEY, B. (2007): *Soviet and Russian Lunar Exploration*. Berlin: Springer-Praxis.
- HEAVISIDE, O. (1893) A gravitational and electromagnetic analogy. *The Electrician*, 1893, 31, pp. 281–282 (part I) and 359 (part II).
- HERMAN, D. A., – TOFIL, T. A. – SANTIAGO, W. – KAMHAWI, H. – POLK, J. E. – SNYDER, J. S. – HOFER, R. R. – PICHA F. Q. – JACKSON, J. – ALLEN, M. (2018): Overview of the Development and Mission Application of the Advanced Electric Propulsion System (AEPS). (30.9.2020), ntrs.nasa.gov/citations/20180001297

- HUURDEMAN, A. A. (2003): *The Worldwide History of Telecommunications*. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons.
- KALUZA, T. (1921): Zum Unitätsproblem in der Physik. In: *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften*. Berlin: Verlag der Akademie der Wissenschaften, S. 966–972.
- KANAS, N. – MANZEY, D. (2008): Basic Issues of Human Adaptation to Space Flight. In: *Space Psychology and Psychiatry. The Space Technology Library*, 2008, 22: pp. 15–48.
- KREMENTSOV, N. (2011): *A Martian stranded on Earth: Alexander Bogdanov, blood transfusions, and proletarian science*. Chicago: The University of Chicago Press.
- MAXWELL, J. C. (1865): A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1865, 155, pp. 459–512.
- MLEJNEK, J. (2016): Bolševik z Rudé planety. Alexandr Bogdanov jako průkopník (nejen) komunistické sci-fi. *Securitas Imperii* 28, 2016, 1, s. 12–36.
- MOULD, R. F. (1995): *A Century of X-Rays and Radioactivity in Medicine: With Emphasis on Photographic Records of the Early Years*. Bristol: Inst. of Physics Publ.
- MURRAY, Ch. A.; COX, C. B. (1989): *Apollo, the race to the moon*. New York: Simon and Schuster.
- NASA (1999) Mars Climate Orbiter Mishap Investigation Board Phase Report, NASA, 10/1999. (5.9.2020), sunnyday.mit.edu/accidents/MCO_report.pdf
- SELLERS, J. J. – ASTORE, W. J. – GIFFEN, R. B. – LARSON, W. J. (2004): *Understanding Space: An Introduction to Astronautics*. Boston: McGraw Hill.
- SpaceX (2020): Mars&Beyond: The Road to Make Humanity Multiplanetary. (11.9.2020), www.spacex.com/human-spaceflight/mars/index.html
- STITES, R. (1984): Fantasy and Revolution: Alexander Bogdanov and the Origins of Bolshevik Science Fiction. In: L. R. Graham – R. Stites (eds.): *Alexander Bogdanov. Red Star: The First Bolshevik Utopia*. Bloomington and Indianapolis: Indiana University Press, pp. 1–16.
- THIRRING, H. (1918): Über die Wirkung rotierender ferner Massen in der Einsteinschen Gravitationstheorie. *Physikalische Zeitschrift* 19, 1918, 33.
- THOMSON, J. J. (1897): Cathode Rays. *Philosophical Magazine*, 1897, 44 (269), pp. 293–316.
- VERNE, J. (1865): *De la Terre à la Lune, trajet direct en 97 heures 20 minutes*. Paris: Pierre-Jules Hetzel.
- WELLS, H. G. (1901): *The First Men in the Moon*. London: George Newnes, Limited.
- WILLIAMS, L. L. (2012): Physics of the Electromagnetic Control of Spacetime and Gravity. In: *Proceedings of 48th AIAA Joint Propulsion Conference*. Atlanta, Georgia: AIAA, 2012, 3916.
- WILLSON, D. – CLARKE, J. D. A. (2006): A Practical Architecture for Exploration-Focused Manned Mars Missions Using Chemical Propulsion, Solar Power Generation and In-Situ Resource Utilisation. In: *Proceedings of the 6th Australian Space Science Conference*. Canberra: NSSA, pp. 186–211.
- АЗИМОВ, А. (1983): *Краткая история химии. Развитие идей и представлений в химии*. Москва: Мир.
- БОГДАНОВ, А. (1908): *Красная Звезда. (Утопия)*. Санкт-Петербург: Товарищество Художественной Печати.

- БОЧАРОВА, Н. А. (2003): А. Богданов и А. Платонов: к постановке вопроса. *Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена*, 3 (5), с. 162–169.
- ВАСИЛЬЕВ, И. Е. – КОВТУН, Н. В. – ПРОСКУРИНА, Е. Н. (2013): Проект переустройства мира и русская проза начала XX века (Богданов и Платонов). *Сибирский филологический журнал*, 2013, 2, с. 129–140.
- ГРИГОРЬЯН, Н. (2015): Революция на Земле и на Марсе: мальтузианские мысленные эксперименты в романах «Красная звезда» А. Богданова и «Аэлита» А. Н. Толстого. *Новое литературное обозрение*, 2015, 132 (2), с. 216–229. (25.8.2020), www.nlobooks.ru/magazines/novoe_literaturnoe_obozrenie/132_nlo_2_2015/article/11367
- ЖЕЛНИНА, Т. Н. (1994): К истории издания и распространения статьи К. Э. Циолковского «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1903 г.). (4.9.2020), <http://www.gmik.ru/2017/09/13/k-istorii-izdaniya-i-rasprostraneniya-stati-k-e-tsiolkovskogo-issledovanie-mirovyih-prostranstv-reaktivnyimi-priborami-1903-g/>
- ИВАНОВ, К. (2018): Воображаемые космические путешествия в ранней советской научной фантастике. *Логос* 28, 2018, 2, с. 159–224.
- КВИТКА, И. И. (2006): Философские идеи А. А. Богданова. *Вестник Оренбургского государственного университета*, 2006, 7, с. 56–62.
- КОВАЛЕНКО, В. И. – ЧЕРНЯХОВСКАЯ, Ю. С. (2019): Научно-технический романтизм: обоснование конструкта и современная актуализация. *Вестник Московского университета. Серия 12. Политические науки*, 2019, 1, с. 54–64.
- КРАЙНЕВА, И. А. – ПИВОВАРОВ, Ю. Н. – ШИЛОВ, В. В. (2016): Становление советской научно-технической политики в области вычислительной техники (конец 1940-х – середина 1950-х гг.). *Идеи и Идеалы* 29, 2016, 3, с. 118–135.
- ЛОКТИОНОВ, М. В. (2016): А. А. Богданов как основоположник общей теории систем. *Философия науки и техники* 21, 2016, 2, с. 80–96.
- МЛОДИНОВ, Л. (2014): *Евклидово окно. История геометрии от параллельных прямых до гиперпространства*. Москва: Гаятри.
- СЕМЕНОВА, А. Л. (2013): Рецепция идей А. Богданова в романе Е. Замятина «Мы». *Вестник Новгородского государственного университета* 73, 2013, 1, с. 70–73.
- СЕМЕНОВА, А. Л. (2015а): Влияние эмпириомонистических идей А. А. Богданова на М. Горького. In: А. Л. Семёнова. *Сопряжение идей... Сопряжение смыслов...: Сб. ст.* Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2015, с. 97–123.
- СЕМЕНОВА, А. Л. (2015b): Тема бессмертия в рассказе А. Богданова «Праздник бессмертия» и А. Платонова «Приключения Баклажанова». In: А. Л. Семёнова. *Сопряжение идей... Сопряжение смыслов...: Сб. ст.* Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2015, с. 146–152.
- ЦИОЛКОВСКИЙ, К. Э. (1903): Исследование мировых пространств реактивными приборами. *Научное обозрение*, 5, с. 45–75.
- ШАРОВА, В. (2018): Революция и утопия: образы будущего в фантастических романах Александра Богданова. *Polylogos*, 2018, 4 (2), (28.8.2020), polylog.jes.su/s258770110000062-0-1
-

ПРОФИЛЬ АВТОРОВ:

Ольга Викторовна Чадаева, кандидат филологических наук
Преподаватель кафедры славистики Университета им. Палацкого, г. Оломоуц
Сфера научных интересов: космологические модели в русской письменности XVII века, литература переходного периода (XVII век), космология в художественной литературе, отражение естественно-научного познания в литературе, фантастическая литература.

Univerzita Palackého v Olomouci
Filosofická fakulta, Katedra slavistiky
Křížkovského 10
779 00 Olomouc
Чешская Республика
olga.cadajeva@upol.cz
<https://www.ff.upol.cz/ksl/>

Павел Бакала, доктор естественных наук
Астрофизик, научный сотрудник Института физики Силезского университета, г. Опава

Сфера научных интересов: астрофизика высоких энергий, черные дыры, компьютерное моделирование оптических эффектов в условиях сильной гравитации, космические миссии по изучению рентгеновского излучения, экзопланеты у черных дыр.

Slezská univerzita
Ústav fyziky
Bezručovo náměstí 13
746 01 Opava
Чешская Республика
pavel.bakala@physics.cz