

ANALYSIS OF THE STATE OF GEO-ECOLOGICAL SYSTEMS IN THE VIEW OF SYNERGETIC THEORY OF INFORMATION

G. Simonian, Candidate of chemistry, Associate Professor
Yerevan State University, Armenia

With the synergetic theory of information the author has estimated the chaos and order of hydro and naphthene geo-ecological systems. It was shown that during formation of oil from the mantle fluid entropy increases and syntropy decreases. For oil the function is $R \rightarrow 1$. This indicates that the oil is self-generated inside the trap towards the direction of sustainable equilibrium.

Keywords: geo-ecology, reservoir, oil, gas, naphthenes, chaos, order, synergistic information theory, entropy, syntropy, geo-ecological syntropy.

Conference participant, National championship in scientific analytics,
Open European and Asian research analytics championship

Понятие энтропии (S) имеет множество трактовок в самых разнообразных областях человеческих знаний. Впервые понятие энтропии было введено Р.Ю. Клаузиусом как мера необратимого рассеяния энергии. Качественно, чем выше энтропия, тем в большем числе существенно различных микросостояний может находиться объект при данном макро состоянии. Наряду с энтропией Клаузиуса появилась статическая, информационная, математическая, лингвистическая, интеллектуальная и другие энтропии. Энтропия стала базисным понятием теории информации и стала выступать как мера неопределенности некоторой ситуации. В каком-то смысле она – мера рассеяния, и в этом смысле она подобна дисперсии. Открытые системы могут обмениваться с окружающими телами, энергией, веществом и, что не менее важно, информацией. Макроскопические открытые системы состоят из многих объектов, принимаемых за элементы структуры. Эти элементы могут быть микроскопическими, например, атомы или молекулы в физических и химических системах. Они, однако, могут быть малыми, но все же макроскопическими. Это, например, макромолекулы в полимерах, клетки в биологических структурах. В открытых системах, к которым относятся и экологические, могут идти процессы как с возрастанием, так и уменьшением энтропии. При этом в экосистеме вещество распределяет-

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В СВЕТЕ СИНЕРГИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

Симонян Г.С., канд. хим. наук, доцент
Ереванский государственный университет, Армения

С помощью синергетической теории информации оценен хаос и порядок гидро и нафтидных геоэкологических систем. Показано, что при образовании нефти из мантийного флюида энтропия растет, а синтропия уменьшается. Для нефти функция $R \rightarrow 1$, что свидетельствует о том, что нефть самообразуется в ловушке в сторону достижения устойчивого равновесия.

Ключевые слова: геоэкология, водоохранилище, нефть, газ, нафтиды, хаос, порядок, синергическая теория информации, энтропия, синтропия, геоэкологическая синтропия.

Участник конференции, Национального первенства по научной аналитике

ся таким образом, что в одних местах энтропия возрастает, а в других резко снижается. В целом же, система не теряет своей организованности или высокой упорядоченности. Система – совокупность элементов со связями между ними, подчиняющимся соответствующим законам композиции. Система взаимодействует с внешним миром как единое целое. Каждый элемент системы внутри себя считается неделимым. Элементный состав может содержать однотипные (гомогенные системы) и разнотипные (гетерогенные системы) элементы. Элементы могут быть вещественные, энергетические и информационные [1]. Информационное описание системы дает представление об организации системы. При этом сам термин “информация” имеет несколько значений. В биологии – совокупность биохимически закодированных сигналов, передающихся от одного живого объекта к другому (от родителей к потомкам) или от одних клеток другим в процессе развития особи. В математике, кибернетике – количественная мера устранения энтропии (неопределенности) или мера организации системы. Если трактовать информацию как меру упорядоченности системы, то ее количество будет соответствовать синтропии, выражающей потенциальную меру предсказуемости будущего системы (или оценку возможности экстраполяции ее состояния). Чтобы экосистема действовала и взаимодействовала со средой, она

должна потреблять информацию из среды и сообщать информацию среде. Этот процесс называется информационным метаболизмом, который совместно с вещественным и материальным метаболизмом образует полный метаболизм. Системы бывают изолированные (закрытые), которые могут только деградировать, и открытые, способные к прогрессивному развитию, условно. Все реальные системы сначала зарождаются и прогрессируют, а затем деградируют. Система открыта для энергии, массы, информации до заполнения соответствующих емкостей, после чего закрывается (как сосуд в водоеме). Переток субстанций из внешней среды и прогресс открытой системы так же естественны, как износ и рассеяние закрытой. В этом смысле все природные системы самоорганизующиеся. Самоорганизация – процесс спонтанного увеличения порядка или организации в системе, состоящий из многих элементов, происходящий под действием внешней среды [1].

Способность системы снижать неупорядоченность внутри себя иногда интерпретируют как способность накапливать отрицательную энтропию – синтропия (I). Впервые понятие «отрицательной энтропии» предложил австрийский физик Эрвин Шредингер [2]. Он объясняет, как живая система экспортирует энтропию, чтобы поддержать свою собственную энтропию на низком уровне. Позже

американский физик Леон Бриллюэн в своей работе «Научная неопределенность и информация» [3] сократил это выражение до слова негэнтропия и ввел его в таком виде в теорию информации. Учитывая вышесказанное, можно записать своеобразный закон сохранения энтропии — информации. Он, как и другие законы сохранения, абсолютно точно выполняется только в идеализированных (закрытых) системах: $S + I = const$.

В литературе о самоорганизующихся системах для описания этого процесса также используются термины экстропия и эктропия. Альберт Сент-Дьёрди предложил заменить термин негэнтропия на синтропию [4], термин, впервые предложенный итальянским математиком Луиджи Фантаппие [5], который пытался в своей теории объединить биологический и физический мир. Надо отметить, что термин синтропия в медицине используется давно, при анализе сочетания двух болезней. В 1921 году немецкие медики М. Пфаундлер и Л. Зехт впервые использовали термин синтропия [6]. Синтропия - это наличие двух или более связанных между собой и закономерно развивающихся заболеваний.

Илья Пригожин ввел термин «диссипативные структуры» [7]. Это чрезвычайно емкое и точное название объединяет все виды структур. Чтобы подчеркнуть роль коллектива, роль кооперации при образовании диссипативных структур, Герман Хакен ввел термин синергетика, что означает совместное действие [8]. Синергетика родилась на базе термодинамики и статистической физики.

Неоценимую помощь в понимании структурной организации и закономерностей развития природных систем может оказать синергетическая теория информации, в рамках

Табл.1.
Расчет значений информационно-синергетических функций хаоса и порядка загрязнения Кечутского водохранилища.

Загрязнитель	m	$m \log_2 m$
V	8	24
B	8	24
Cu	5	11,6
NH_4^+	1	0
Mn	6	15,5
Si	8	24
$M = 36 \text{ Sm} \log_2 m = 99,1$ $I_{\Sigma} = \text{Sm} \log_2 m / M = 99,1 : 36 = 2,7527$ $S = \log_2 36 - 3,22 = 5,16 - 2,75 = 2,42$ $R = 2,75 : 2,42 = 1,1363$		

которой установлен информационный закон отражения системных объектов. Для оценки структурной организации системы Вяткиным введено понятие R-функции, которая характеризует структурную организацию дискретных систем со стороны соотношения порядка и хаоса, мерами которых являются аддитивная синтропия $-I_{\Sigma}$ и энтропия отражения S, соответственно $R = I_{\Sigma} / S [9-11]$. Значения R-функции

оценки хаоса и порядка в структуре таких систем, как рудные объекты [9,10], электронные системы атомов, паутины пауков, поэтические произведения [11,12], гидроэкологических систем [13], белковые молекулы [11, 12, 14] и РНК [14].

Целью данной работы является с помощью синергетической теории информации оценить состояния геоэкологических систем, в том числе нефти и газа. Для нефти и газа мы

Табл.2.

Химический состав (об. %) и значения I_{Σ} , S, R природного газа

CH_4	C_2H_6	C_3H_8	N_2	CO_2	I_{Σ}	S	R
94.0	3.0	0.4	2	0.6	6.25	0.38	16.5

говорят о том, что и в какой мере преобладает в структуре системы: хаос или порядок. Так, если $R > 1$, то в структуре системы преобладает порядок, в противном случае, когда $R < 1$ – хаос. При $R = 1$ хаос и порядок уравниваются друг друга, и структурная организация системы является равновесной. В простом понимании, энтропия — хаос, саморазрушение и саморазложение. Соответственно, синтропия — движение к упорядочиванию, к организации системы.

С помощью синергетической теории информации проведена

будем использовать также обобщающий термин «нафтиды», включающий углеводороды в газовом, жидком, полутвердом и твердом состояниях или в виде смеси этих фаз [15].

В геоэкологических системах могут идти процессы как с возрастанием, так и уменьшением энтропии. При этом в экосистеме вещество распределяется таким образом, что в одних местах энтропия возрастает, а в других резко снижается. В целом же, система не теряет своей организованности или высокой упорядоченности. Способность системы снижать неупорядоченность внутри

Табл.3.

Химический состав (об. %) изначения I_{Σ} , S, R газа газоконденсатных месторождений

Месторождение	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	N_2	CO_2	I_{Σ}	S	R
Вуктыльское	74,80	7,70	3,90	1,80	6,40	4,30	0,10	5,24	1,4	3,73
Оренбургское	84,00	5,00	1,60	0,70	1,80	3,5	0,5	5,76	0,84	6,83
Ямбургское	89,67	4,39	1,64	0,74	2,36	0,26	0,94	5,95	0,69	8,62
Уренгойское	88,28	5,29	2,42	1,00	2,52	0,48	0,01	5,89	0,75	7,86

Табл.4.

 Химический состав (об. %) значения I_Σ , S , R нефтяных месторождений (попутного газа)

Месторождение	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	CO ₂	I_Σ	S	R
Бавлинское	35,0	20,7	19,9	9,8	5,8	8,4	0,4	4.28	2.36	1.81
Ромашкинское	38,4	19,1	17,8	8,0	6,8	8,0	1,5	4.28	2.36	1.81
Самотлорское	53,4	7,2	15,1	8,3	6,3	9,6	0,1	4.60	2.04	2.23
Узеньское	50,2	20,2	16,8	7,7	3,0	2,3	–	4.69	1.95	2.40

Табл.5.

 Значения I_Σ , S , R для фракций ряда нефтей

ВЕЩЕСТВО	I_Σ	S	R
Первая фракция нефти Кумколь	3.85	2.79	1.38
Вторая фракция нефти Кумколь	3.45	3.19	1.10
Бензиновая фракция нефти Каражанбас	3.18	3.46	0.91
Керосиновая фракция нефти Каражанбас	3.28	3.36	0.976

себя иногда интерпретируют как способность накапливать синтропию. Большое значение в развитии экологических систем имеет закон максимизации энергии и информации: система всегда стремится к максимальному освоению поступающей к ней энергии и информации, что определяет ее устойчивость и конкурентоспособность. Для гидрэкосистемы элементами системы могут быть донные отложения определенного состава, химический состав и физические параметры. Загрязненность водных систем можно представить как систему тех гидрохимических показателей, концентрация которых превышала ПДК.

Так, за 2011 г. на Кечутском водохранилище в Армении, концентрации V, В, Cu, NH₄⁺, Mn и Si превышали ПДК соответственно в 8, 8, 5, 1, 6 и 6 раз. В данном случае $M = 36$, $N = 6$, а число превышения ПДК (m) изменяется от 1 до 8. Соответствующие расчеты функций хаоса и порядка приведены в таблице 1.

Получается, что на Кечутском водохранилище $R > 1$, то есть в структуре системы преобладает порядок. Это говорит о том, что вода Кечутского водохранилища чистая.

Для нафтидов элементами системы могут быть химические элементы или химический состав.

Мы придерживаемся абиогенной теории образования нафтидов глубинными мантийными флюидами [16]. Концепция глубинного происхождения нефти и газа основана на представлениях о том, что образование углеводородов проис-

ходит в мантийных очагах вследствие неорганического синтеза [17]. Флюид - это водная, водно-газовая, паровая или газовая среда, состоящая из компонентов флюида в соединении с петрогенными, рудными и иными элементами, заключенная или переносимая в массе горных пород литосферы. Таким образом, компоненты флюида образуют единую, целостную стационарную систему, которая характеризуется граничными физико-химическими параметрами, то есть флюидным режимом [18].

Образовавшиеся в мантии Земли флюиды по глубинным разломам перемещаются и проникают в земную кору, где и образуют нефтегазовые месторождения. Перемещение летучих соединений в эндогенных условиях может осуществляться как путем молекулярной диффузии этих соединений, так и посредством миграции мобильных газовых и газо-жидких обособлений. Миграция газовой фазы эндогенных флюидов осуществляется также путем прямой молекулярной диффузии сквозь растворы, расплавы и кристаллическую решетку минералов горных пород.

В таблицах 2 – 5 приведены расчеты функций хаоса и порядка природного газа, газоконденсата, попутных газов нефтяных месторождений и нефтяных фракций.

Как видно из таблиц 2-5, в ряду природный газ → газоконденсат → попутный газ → нефть, энтропия растёт, а синтропия уменьшается. Любопытно, что для природного газа $R = 16.5$, что свидетельствует

о высокой степени свободы газовой фазы. Для нефти функция $R \rightarrow 1$ и структурная организация системы является равновесной. Нефть самообразуется в ловушке в основном из мантийного высоко энергетического газа, обогащенного компонентами нефти, которые создают неравновесное энергетическое состояние, инициируя ряд переходных физико-химических процессов, протекающих под управлением закона сохранения энергии и в направлении достижения устойчивого равновесия. Так как синергическая теория информации хорошо описывает состояние геоэкологических систем [9-14], адитивную синтропию можно назвать геоэкологической.

References:

1. Druzhinin V.V., Kontorov D.S. Problemy sistemologii. Problemy teorii slozhnykh sistem [Problems of systemology. Problems of the theory of complex systems]. – Moscow., Sov. radio, 1976. – 296 p..
2. Shredinger E. Chto takoe zhizn'? Tochka zreniya fizika [What is life? The physicist's point of view]. – Moscow, Atomizdat, 1972. – 88 p.
3. Brilliyen L. Nauchnaya neopredelennost' i informatsiya [Scientific uncertainty and information]. – Moscow, Mir, 1966. – 271 p.
4. Szent-Gyorgyi A. Drive in Living Matter to Perfect Itself, Synthesis 1. – 1977., Vol.1., pp. 14–26.
5. Fantappiè L. Principi di una teoria unitaria del mondo fisico e biologico. – Rome., Accademiad' Italia, 1942.
6. Pfaundler M., von Seht L. Weitere Sauber Syntropie Kindlicher Krankheit Zustande, Zeitschr. f. Kinderheilk. – 1921., Bd. 30., pp. 298–313.
7. Prigozhin I., Stengers I. Poryadok iz khaosa [Order from chaos]. – Moscow, Progress, 1986. – 432 p.

8. Khaken G. Sinergetika [Synergetics]. – Moscow, Mir, – 1980. – p.404.

9. Vyatkin V.B. K voprosu informatsionnoi otsenki priznakov pri prognozno-geologicheskikh issledovaniyakh [On the informational assessment of signs at forecasting-geological researches], News of the Ural Mining Institute. Series: Geology and Geophysics. – 1993., Vol. 2., pp. 21–28.

10. Vyatkin V.B. Teoriya informatsii i problema negentropiinoi otsenki priznakov [Theory of information and the problem of negentropy assessment of signs], Technogenesis and ecology: Information and thematic collection. – Ekaterinburg., UGGGA, 1998., pp. 26–36.

11. Vyatkin V.B. Sinergeticheskaya teoriya informatsii: obshchaya kharakteristika i primery ispol'zovaniya [Synergetic theory of information: general characteristic and examples of use], Science and defense complex are the main resources of Russia's modernization. Proceedings of the Interregional Scientific and Practical Conference. – Ekaterinburg., UrO RAN, 2002., pp. 361–390.

12. Vyatkin V.B. Khaos i poriyadok diskretnykh sistem v svete sinergicheskoi teorii informatsii [Chaos and order of discrete systems in the light of the synergetic theory of information]. Scientific Journal of KubGAU [electronic resource]. – Krasnodar, KubGAU, 2009., No.47(1), <http://ej.kubagro.ru/2009/03/pdf/8.pdf>

13. Simonyan G.S. Otsenka sostoyaniya gidroekologicheskikh sistem v svete sinergicheskoi teorii informatsii [Assessment of the state of hydroecological systems in the light of the synergetic theory of information]. All-Russian Scientific-Practical Conference. Environmental safety and environmental management: science, innovation, management. – Makhachkala, ALEF, 2013., pp. 275–80.

14. Simonyan G.S. Khaos i poriyadok biologicheskikh sistem v svete sinergicheskoi teorii informatsii [Chaos and order of biological systems in the light of the synergetic theory of information]. Abstracts of the International Conference «Modern

Problems of Chemical Physics». Erevan, 2012., pp.227–228.

15. Levorsen A. Geologiya nefi i gaza [Geology of oil and gas]. – Moscow., Mir, 1970. – 640 p.

16. Simonyan G.S., Pirumyan G.P. Rol' azota v genezise nefi [Role of nitrogen in the oil genesis]. Sborniki nauchnykh trudov «Fundamental'nye i prikladnye problemy nauki» [Collections of scientific articles «Fundamental and applied problems of science»]. – Moscow, RAN, – 2013.

17. Kudryavtsev N.A. Genezis nefi i gaza [The genesis of oil and gas]. – Leningrad., Nedra, 1973. – 216 p.

18. Letnikov F.A. Avtonomnye flyuidnye sistemy kontinental'noi litosfery [Autonomous fluid systems of the continental lithosphere], DAN, 2009., Vol. 427., No.6., pp. 94–97.

Литература:

1. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Проблемы системологии. Проблемы теории сложных систем. – М., Сов. радио, 1976. – 296 с.

2. Шредингер Э. Что такое жизнь? Точка зрения физика. – М., Атомиздат, – 1972. – 88с.

3. Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация. – М., Мир, –1966. – 271 с.

4. Szent-Gyorgyi A. Drive in Living Matter to Perfect Itself // Synthesis 1. – 1977.– V. 1. –№1. –P. 14–26.

5. Fantappiè L. Principi di una teoria unitaria del mondo fisico e biologico. – Rome: Accademiad' Italia, – 1942.

6. Pfandler M., von Seht L. Weitere Sauber Syntropie Kindlicher Krankheit Zustände //Zeitschr. f. Kinderheilk. – 1921. –Bd. 30. – S. 298–313.

7. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. – М., Прогресс – 1986. – 432 с.

8. Хакен Г. Сinergetika. – М., Мир, – 1980. – 404 с.

9. Вяткин В.Б. К вопросу информационной оценки признаков при прогнозno-геологических исследованиях // Известия Уральского горного института. Сер.:Геология и геофизика. – 1993. –Вып. 2. – С. 21–28.

10. Вяткин В.Б. Теория информации и проблема негэнтропийной

оценки признаков //Техногенез и экология: Информационно-тематический сборник Екатеринбург, УГ-ГГА, – 1998. – С. 26–36.

11. Вяткин В.Б. Сinergetическая теория информации: общая характеристика и примеры использования. // Наука и оборонный комплекс – основные ресурсы российской модернизации. Материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Екатеринбург, УрО РАН, – 2002. С. 361–390.

12. Вяткин В.Б. Хаос и порядок дискретных систем в свете синергической теории информации. // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар, КубГАУ, – 2009. – №47(1). <http://ej.kubagro.ru/2009/03/pdf/8.pdf>

13. Симонян Г.С. Оценка состояния гидроэкологических систем в свете синергической теории информации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Экологическая безопасность и природопользование: наука, инновации, управление.– Махачкала, АЛЕФ, – 2013. –С. 275 – 280.

14. Симонян Г.С. Хаос и порядок биологических систем в свете синергической теории информации.// Тезисы докладов международной конференции «Современные проблемы химической физики». Ереван, – 2012. – С.227–228.

15. Леворсен А. Геология нефти и газа. – М., Мир, –1970. – 640 с.

16. Симонян Г.С., Пирумян Г.П. Роль азота в генезисе нефти. Сборники научных трудов «Фундаментальные и прикладные проблемы науки».М., РАН, – 2013.

17. Кудрявцев Н.А. Генезис нефти и газа. – Л., Недра,–1973. – 216 с.

18. Летников Ф.А. Автономные флюидные системы континентальной литосферы // ДАН, –2009. – Т. 427. – №6. – С. 94–97.

Information about author:

1. Geworg Simonian - Candidate of Chemistry, Associate Professor, Yerevan State University; address: Armenia, Yerevan city; e-mail: sim-gev@mail.ru